

Міністерство освіти та науки України  
Шосткинський інститут сумського державного університету  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління і автоматики

# ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на тему:

"Система управління технологічним процесом розчинення та концентрації  
кислоти"

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

А.Г. Серяков

Дипломник:

студент групи СУз-51Ш

\_\_\_\_\_

М.П. Комар

Номер залікової книжки: 17180025

Шостка – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ І АВТОМАТИКИ  
Спеціальність 6.05020101 «Системна інженерія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри системотехніки та  
інформаційних технологій

\_\_\_\_\_ Г. М. Худолей

« 27 » квітня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### на дипломний проект

студент Комар Максим Петрович

1. Тема проекту Система управління технологічним процесом розчинення та регенерації кислоти

Затверджено наказом директора інституту  
№ 46 ОД від «13» квітня 2020 р.

2. Строк здачі студентом закінченого проекту «18» червня 2020 р.

3. Вихідні дані до проекту:

\_ - завдання кафедри \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1 Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта управління.

4.2 Вибір каналів управління, сигналізації та блокувань.

4.3 Вибір сучасних засобів автоматизації, розробка системи сигналізації та захисту та алгоритмів управління.

4.4 Розрахункова частина.

5. Перелік графічних матеріалів:

5.1. Функціональна схема автоматизації.

5.2. Електрична принципова схема.

7. Календарний план:

№ етапу	Зміст етапу проектування	Строк виконання (початок-кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз джерел інформації. Відбір аналогів та прототипів	27.04.2020 - 03.05.2020
2	Конструктивно-технологічний аналіз об'єкта керування.	04.05.2020 - 10.05.2020
3	Вибір каналів управління, сигналізації та блокувань. Вибір сучасних засобів автоматизації, розробка системи сигналізації та захисту, вибір алгоритмів управління. Схема автоматизації функціональна. Схеми електричні сигналізації.	11.05.2020- 17.05.2020
4	Виконання розрахункової частини.	18.05.2020 - 07.06.2020
5	Технічне оформлення проекту. Здача проекту керівнику.	08.06.2020 - 18.06.2020

8. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 року

Керівник проекту ст. викладач, к.т.н. Серяков А.Г.  
вчені ступень та звання, посада Підпис Прізвище І.П.

Завдання до виконання прийняв:

Студент групи СУзт - 51ш . Комар М.П.  
Підпис Прізвище І.П.



## РЕФЕРАТ

Комар Максим Петрович. Система управління технологічним процесом розчинення та концентрації кислоти. Дипломний проект. Шосткинський інститут Сумського державного університету. Шостка, 2020 рік.

Дипломний проект містить 66 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 40 рисунків, 14 таблиць; 2 креслень; 4 демонстраційних плакатів.

Проект присвячений розробці системи управління процесом регенерації та концентрації кислот. Система дозволяє зробити в технологічний процес і зробити технологічний процес автоматизованим та більш адаптивним до збурюючих дій, які можуть виникнути в процесі роботи обладнання. Розробка системи управління даного технологічного процесу забезпечує управління великими потужними агрегатами в якому людські зусилля зводяться до налаштування та налагодження автоматичних пристроїв управління і регулювання.

Ключові слова: технологічний процес, система управління, регулюючий мікропроцесорний контролер, алгоритм управління, регульований параметр.

## РЕФЕРАТ

Комар Максим Петрович. Система управления технологическим процессом растворения и концентрации кислоты. Дипломный проект. Шосткинский институт Сумского государственного университета. Шостка, 2020 год.

Дипломный проект содержит 66 листов пояснительной записки, с учетом 40 рисунков, 14 таблиц; 2 чертежей; 4 демонстрационных плакатов.

Проект посвящен разработке системы управления процессом регенерации и концентрации кислот. Автоматизация позволяет уменьшить потребность в количестве вмешательств человека в технологический процесс и сделать процесс более адаптивным к возмущающим воздействиям, которые могут возникнуть в процессе работы оборудования.

Разработка системы управления данного технологического процесса обеспечивает управление большими мощными агрегатами, в котором человеческие усилия сводятся к настройке автоматических устройств управления и регулирования.

Ключевые слова: технологический процесс, система управления, регулирующий микропроцессорный контроллер, алгоритм управления, регулируемый параметр.

## SUMMARY

M P Komar. Process control system solution and acid regeneration. Diploma project. Shostka institute of the Sumy state University. Shostka, 2020 year.

A diploma project is contained by 66 leaves of explaining message, taking into account 40 pictures, 14 tables; designer document which contains 2 drafts; 4 demonstration poster.

Project focuses on the development of a process control system regeneration and concentration acid. Automation reduces the need for the amount of human intervention in the manufacturing process and make the process more adaptive to the disturbing influences which may arise during operation. Automating this process provides a powerful management of large aggregates in which human efforts are reduced to configure and troubleshoot the automatic control and regulation devices.

Keywords: process control system that regulates the microprocessor controller, the control algorithm, the adjustable parameter.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи управління технологічним процесом розчинення та  
концентрації кислоти

Розробник:  
студент гр. СУз-51Ш

М.П. Комар

Погоджено:  
керівник проекту

А.Г. Серяков

Шостка - 2020

Система управління технологічним процесом розчинення та концентрації кислоти.

Підстави для розробки.

Завдання кафедри на дипломний проект.

Мета і призначення розробки

Мета даного дипломного проекту – розробка системи управління технологічним процесом розчинення та концентрації кислоти.

В результаті реалізації проекту очікується вирішення наступних завдань:

- підвищення основних показників ефективності технологічного процесу ;
- підвищення рівня безпеки ведення процесу розчинення та концентрації кислоти;
- запобігання виникнення аварійних ситуацій;
- покращення умов роботи обслуговуючого персоналу;
- скорочення кількості несправностей, часу їх пошуку та усунення;
- зниження навантаження на енергетичні мережі за рахунок використання сучасних засобів автоматизації та методів управління.

Даний дипломний проект може бути використаний під час створення системи управління технологічним процесом розчинення та концентрації кислоти на реальних промислових підприємствах.

Джерела для розробки

Відкриті літературні джерела.

Об'єкта процесу розчинення та концентрації кислоти є безперервним виробництвом. Режим роботи цілодобовий: 24 години на добу, 7 днів на тиждень.

Умови експлуатації

Живлення устаткування електричним струмом здійснюється від цехової мережі змінного струму. Номінальна напруга 380 В.

Вимоги до середовища:

- має бути вибухонебезпечним;
- має не містити пилу в концентраціях, що порушує роботу електроустаткування;
- має не містити агресивних парів і газів, що руйнують метал та ізоляцію.

Кліматичні та механічні умови експлуатації системи управління технологічним процесом розчинення та концентрації кислоти представлена в таблиці:



Таблиця 1 - Умови експлуатації системи управління технологічним процесом розчинення та концентрації кислоти

Найменування і характеристика приміщення	Кліматичні умови			механічні умови	
	Температура, 0С	Вологість,%	запиленість, г / м3	Амплітуда і частота вібрації, Гц	наявність коливань
Виробниче приміщення	21 ... 23 °С	50 ... 80%	-	-	-
щитова	21 ... 23 °С	50 ... 80%	-	-	-
операторська кімната	21 ... 23 °С	30 ... 50%	-	-	-

В окремих відповідних інструкціях з експлуатації мають бути вказані види технічних засобів, а також періодичність і регламент їх обслуговування.

Технічні засоби автоматизації проекрованої системи управління повинні розташовуватися оптимально з точки зору монтажних зв'язків між ними, з точки зору зручності і безпеки їх експлуатації та обслуговування.

#### Технічні вимоги

Система управління технологічним процесом розчинення та концентрації кислоти повинна забезпечувати:

- ведення процесу розчинення та концентрації кислоти на основі повного автоматичного контролю відповідних технологічних параметрів;
- зниження працезатрат під час вимірювання та управління будь-якими технологічними параметрами;
- візуальне відображення всіх параметрів технологічного процесу, а також аварійних ситуацій;
- автоматичне управління виконавчими механізмами та приводами;
- вільний безаварійний пуск та зупинку технологічного обладнання або його перемикання;
- передбачення та запобігання розвитку аварійних ситуацій і забезпечення безпечного завершення процесу за заданим алгоритмом;
- прийняття та обробку інформації з верхніх рівнів системи управління та формування відповідних керуючих впливів на приводи та виконавчі механізми.

До складу системи управління повинні входити:

- Ланка управління на базі програмованого логічного контролера;
- Автоматизоване робоче місце на базі персонального комп'ютера з відповідним програмним забезпеченням.

Показники надійності системи мають відповідати вимогам стандарту ДСТУ 2863-94

«Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги».

Програмне забезпечення має запобігати:

- виникненню відмов під час виконання АСУТП своїх функцій;
- виникненню відмов технічних засобів через помилки персоналу, який керує цією ланкою технологічного процесу;
- виникненню відмов, які ведуть до великих матеріальних втрат.

Система повинна мати багату функціональність, бути відновлюваною та відповідати наступним вимогам до надійності:

- коефіцієнт готовності, повинен бути не менше 0.95;
- середнє напрацювання на відмову комплексу засобів обчислювальної техніки системи повинна бути не менше 1000 годин.

Окрім резерву апаратного, система повинна володіти тимчасовою та функціональною надмірністю (ступінь навантаження контролера, ємність пам'яті тощо).

Система має відповідати вимогам уніфікованості (стандартні уніфіковані вх/вих сигнали та інтерфейси), що дозволить, за необхідності розширення, провести підключення нових модулів та блоків без втручання в загальну конфігурацію системи управління.

Засоби автоматизації, які будуть використовуватися в цьому проекті, мають бути сучасними і доступними на ринку.

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

"Система управління технологічним процесом розчинення та концентрації  
кислоти"

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

А.Г. Серяков

Проектант:

студент групи СУз-51Ш

\_\_\_\_\_

М.П. Комар

Залікова книжка №17180025

## ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ .....	3
ВСТУП .....	4
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ .....	6
2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ .....	11
3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....	17
4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА .....	45
5 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ .....	590
ВИСНОВКИ .....	663
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	664

					<b>СУз-51Ш.6.05020101.01.09.ВД</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Система управління технологічним процесом розчинення і концентрації кислоти Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Комар М.П.					2	66
<i>Провер.</i>		Серяков А.Г.				<b>ШІ СумДУ</b>		
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		Худолей Г.М.						

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

ВО – виконавчий орган.

ККД – коефіцієнт корисної дії.

НДІХП – Науково-дослідний інститут хімічних продуктів.

ОУ – об'єкт управління.

ОР – об'єкт регулювання.

ПЕОМ – персональна електронна обчислювальна машина.

ПЗ – програмне забезпечення.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ПТК – програмно-технічний комплекс.

САПР – система автоматизованого проектування.

САР – система автоматичного регулювання.

ТЗА – технічні засоби автоматизації.

ТП – технологічний процес.

ТЕП – техніко-економічні показники.

УЗО – пристрої зв'язку з об'єктом.

УУ – пристрій управління.

МУ – мета управління.

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		3

## ВСТУП

Даний дипломний проект стосується системи управління технологічним процесом розчину і регенерації кислоти. Даний технологічний процес виконується на Шосткинському підприємстві «Науково-дослідний інститут хімічних продуктів».

Технічні засоби автоматизації, які застосовуються НДІХП сьогодні, не дозволяють використовувати наявне різноманіття матеріально-технічної бази і виконати вдосконалення та подальший розвиток системи.

До основних технічних недоліків існуючої системи управління можна віднести [1]:

- 1) низьку точність вимірювання технологічних параметрів.
- 2) низьку стабільність регулювання за технологічними параметрами.
- 3) надмірну чисельність обслуговуючого персоналу та низька продуктивність їх праці.
- 4) великі надлишкові витрати на виробництво через попередні три пункти.

З метою підвищення точності вимірювання та підтримки технологічних параметрів (і як наслідок якості готової продукції) розроблено автоматизовану систему управління технологічним процесом (надалі АСУТП) розчину і регенерації кислоти.

Вона призначена для управління і контролю процесом, його захисту та сигналізації.

Основою архітектурної та технічної побудови АСУТП є програмований логічний контролер (надалі ПЛК).

Автоматизоване робоче місце (надалі АРМ) оператора-технолога побудовано базі ІВМ – сумісних персональних електронних обчислювальних машин (надалі ПЕОМ).

Програмне забезпечення АРМ має функціонувати як в середовищі Windows, так і в середовищі Linux.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
						4
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Функції, які виконуються системою управління в цілому, включає в себе такі пункти:

— контроль за значеннями основних технологічних параметрів, їхнє збереження та архівацію (з можливістю перегляду історії зміни значень параметрів за певний проміжок часу);

— контроль за станом електричних двигунів, насосів, приводів з можливістю управління як в ручному режимі, так і за допомогою контролера;

— звукова та світлова сигналізації за умови виходу ключових величин технологічних параметрів за встановлені межі.

Автоматизація параметрів технологічного процесу дозволяє поліпшити такі показники:

1) збільшує точність вимірювання та підтримки параметрів на заданому рівні;

2) підвищує надійність роботи як обладнання, так і всієї системи;

3) підвищення продуктивності праці обслуговуючого персоналу;

4) збільшує техніко-економічні показники.

Впровадження додаткових спеціальних засобів автоматизації сприяє безаварійній роботі устаткування, запобігає випадкам травматизму, суттєво знижує забруднення навколишнього середовища.

Комплексна автоматизація будь-якого виробництва хімічної промисловості передбачає не тільки забезпечення автоматичного перебігу технологічних процесів, а й автоматичне керування пуском/зупинкою устаткування для ремонтних робіт або в критичних ситуаціях.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		5

# 1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Технологічний процес розчину і регенерації кислоти складається з поділу на дві кислоти: сірчану і концентровану азотну. Всі апарати пов'язані між собою, а відповідні комунікації герметичні [17].

Основою процесу є тарільчаста колона (дивись рисунок 1). Вона складається з двох частин. Нижня частина колони називається вичерпною, верхня – зміцнюючою.

Верхня частина колони обладнана штуцером (через який вводиться флегма, виводяться пари), термометром.

Вакуум перериватель (штуцер для введення кислотної суміші) встановлено в середній частині колони.

В нижній частині колони відбувається введення пари і розташовано штуцер для виходу сірчаної кислоти.

Поділ кислотної суміші відбувається на фазі регенерації та концентрування. Це проводиться на тарільчатій колоні (1), яка виготовлена з ферросіліда і складається з 22 царг. Дві верхні царги служать для нагріву концентрованої азотної кислоти і віддувки її від розчинених оксидів азоту.

Відпрацьована кислотна суміш з ємності (2) подається насосом (М1) в ємність (3). Слабка азотна кислота з фази улову нітрозних газів, так само самопливом, подається в ємність (3).

Суміш слабкої азотної кислоти і відпрацьованої кислотної суміші з ємності (3) насосом (М2) подається в напірний бак (4) в якому підтримується постійний рівень суміші.

Напірний бак (4) має переливну лінію, по якій надлишок суміші кислот відводиться назад в ємність (3).

З напірного бака (4) суміш кислот через витратомір надходить на 11-ту (рахуючи зверху) царгу колони (1).

В залежності від складу відпрацьованої кислотної суміші (а також співвідношення її зі слабкою азотною кислотою) до колони подається певна кількість технічної сірчаної кислоти з масовою часткою не менше 91%.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		6



Технічна сірчана кислота з напірного бака (5) через витратомір надходить на 6-у царгу колони (1).

В нижню частину колони (1) подається тепла водяна пара тиском не більше 0,6 МПа (6 кгс / см<sup>2</sup>) з цеху підготовки пари.

За рахунок тепла перегрітої водяної пари, відбувається випаровування азотної кислоти, води та виділення оксидів азоту.

Пара азотної кислоти, пара води і оксидів азоту піднімаються вгору колони і барботують на царгах через шар сірчаної кислоти. Сірчана кислота поглинає воду і стікає вниз колони.

Пари азотної кислоти, оксиди азоту з верхньої частини колони (1) надходять в холодильник-конденсатор (6).

Оскільки охолоджена концентрована азотна кислота містить велику кількість розчинених оксидів азоту, вона з холодильника-конденсатора (6) надходить на першу царгу колони (1), де зустрічаючись з гарячими газами, нагрівається і звільняється від оксидів азоту, після чого з 3 царги колони (1) надходить в холодильник-конденсатор (7), в якому охолоджується до 30 ... 40 ° С [17].

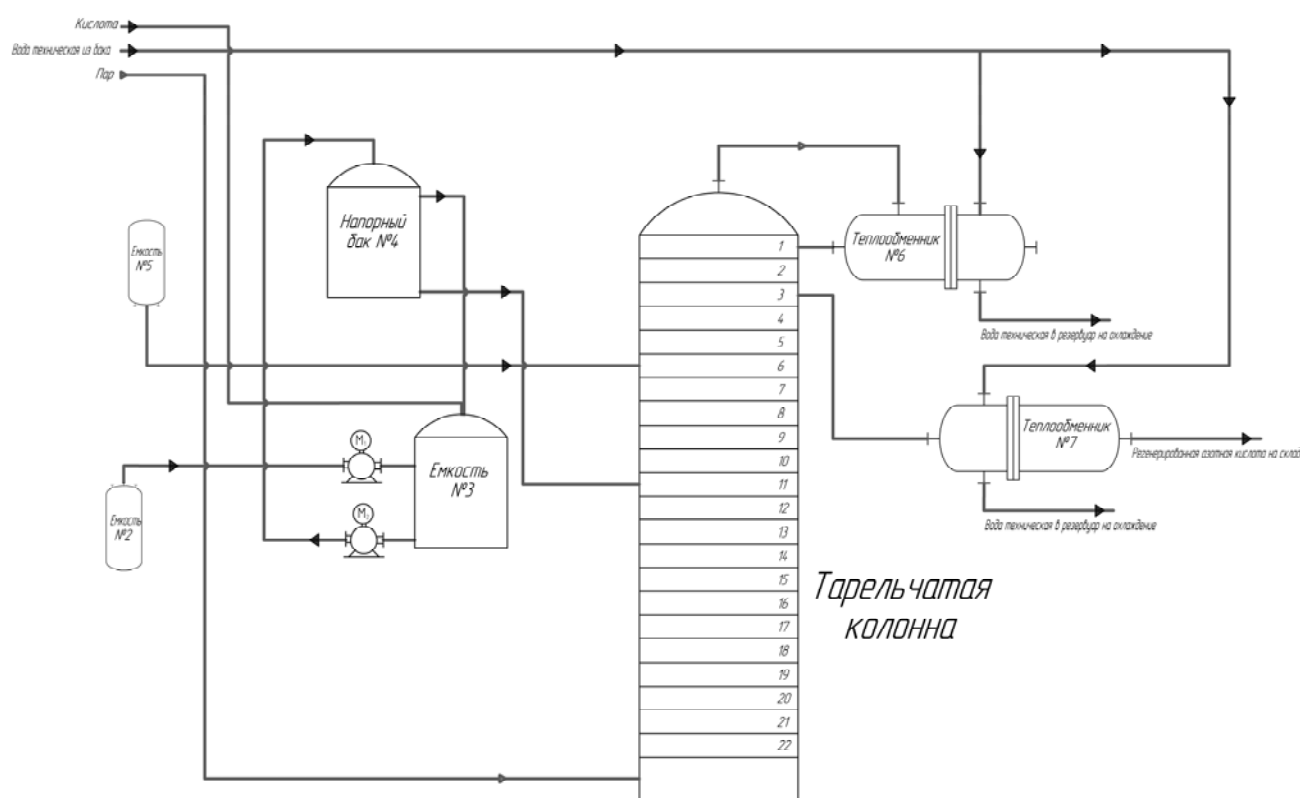


Рисунок 1 - Технологічна схема технологічного процесу розчину і регенерації кислоти

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист 7
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Сролектувати систему регулювання такого складного процесу не можливо без глибокого знання технологічного процесу. Нам необхідно максимально знати та розуміти вимоги, які висуваються різними хіміко-технологічними процесами.

На підставі описаного вище технологічного процесу та аналізу об'єкта управління складено схему руху матеріальних потоків [17]:

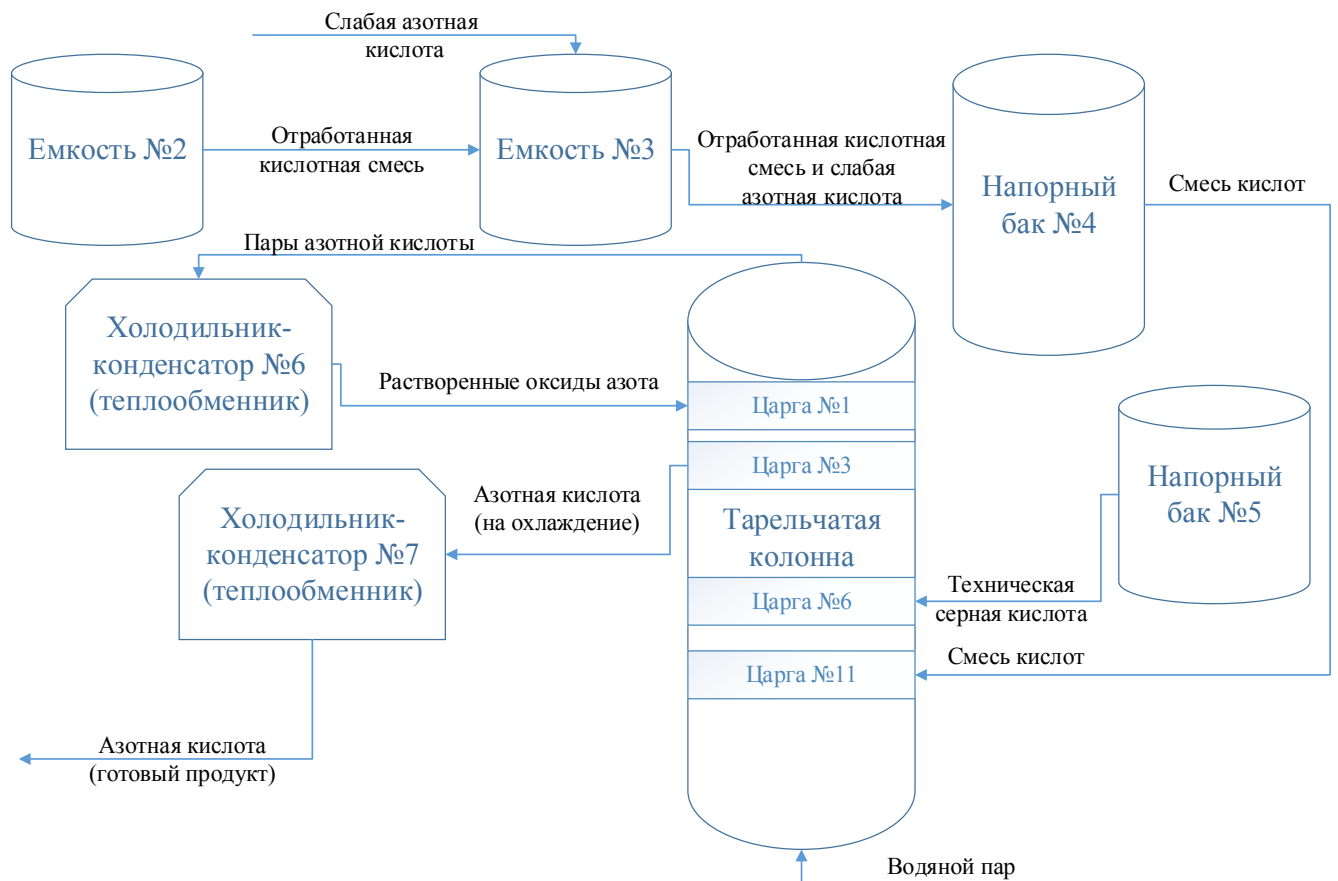


Рисунок 2 - Схема руху матеріальних потоків процесу розчинення і регенерації кислоти

З метою досягнення автоматизації системи управління процесу розчинення і регенерації кислоти передбачається:

- 1) обрати процес розчинення і регенерації кислоти як об'єкт для автоматизації технологічного процесу;
- 2) зібрати та проаналізувати технічні показники обладнання для розчинення і регенерації кислоти на виробництві;
- 3) побудувати математичну модель АСУТП і оптимізувати її;
- 4) розвинути та реконструювати матеріальну базу;
- 5) впровадити нове обладнання;

б) підвищити якість та обсяг продукції, що випускається.

Складемо перелік параметрів сигналізації, контролю і управління та занесемо їх до таблиці:

Таблиця 1 - Перелік параметрів сигналізації, контролю і управління

Параметр	Об'єкт управління	Діапазон виміру	Точність виміру	Дія	Спосіб регулювання
Температура азотної кислоти	Теплообмінник №7	20 ... 50 °С	1%	Контроль, сигналізація, управління	управління клапаном подачі технічної води
Тиск водяної пари	Днище колони	0,35 ... 0,75 МПа	2%	Контроль, сигналізація, управління	управління клапаном подачі пари
Витрата кислотної суміші	Напірний бак (4)	2,0 ... 3,0 м <sup>3</sup> / год	± 0,1 м <sup>3</sup> / год	Контроль, сигналізація, управління	управління клапаном
Витрата технічної сірчаної кислоти	Напірний бак (5)	0,5 ... 1,5 м <sup>3</sup> / год	± 0,05 м <sup>3</sup> / год	Контроль, сигналізація, управління	управління клапаном
Рівень кислотної суміші	Напірний бак (4)	1,9 ... 4,1 м	± 0,1 м	Контроль, сигналізація, управління	Управління двигуном насоса

Технологія, яка на даний момент застосовується в процесі регенерації і концентрації кислоти, має ряд недоліків.

Швидкий знос сірчаного трубопровода при перекачування з цистерн в ємності сховища сірки (через агресивне навколишнє середовище).

Котел РКС 75/40, який призначений для утилізації газів сірчаних печей, має низьку продуктивність та ККД.

Контактний апарат (який призначений для окислення сірчистого газу) має ванадієві каталізатори, які мають малий термін експлуатації (не більше півтора року). До того ж контактний апарат 4-шаровий і не дозволяє очистити гази до норм санітарних вимог.

Агресивне середовище сприяє швидкому виходу з ладу регульовальної, запірної арматури та металоконструкцій.

Абсорбція в очищенні газів складає 89,7%, що сприяє викидам газів в атмосферу.

Більша частина пари, яка попутно виробляється, викидається в атмосферу.

										СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
											9
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата							

Датчики, які використовуються в даній системі автоматичного управління недостатньо досконалі.

Недоліки, викладені вище, дозволяють нам розробити або впровадити шляхи, що значно поліпшать екологічну ситуацію, як на самому підприємстві, так і в цілому в країні.

Пропонуємо ввести в експлуатацію котел-утилізатор РКС-105/50, що дозволить збільшити продуктивність системи за продуктом і виробляти до 105 т/год пари (50 ат), придатної для виробництва електроенергії.

Бризгоуловлювач (додаткова вежа) і фільтри з більш щільним нетканим матеріалом очищатимуть сірчану кислоту і сірчистий газ від домішок. Тим самим зменшаться викиди в навколишнє середовище та поліпшиться екологічна обстановка.

Побудува додаткових турбоагрегатів (сумарна потужність 50 мВт) дозволять не викидати пару в атмосферу, а забезпечити 100% обсягу споживання електроенергії підприємством. Це, в свою чергу, призведе до зменшення собівартості продукції.

В системі очищення газів передбачено використання 5-шарового контактного апарата. Це збільшить ступінь конверсії до 98,5%, і дозволить очищати гази до норм санітарних вимог. Тим самим виробництво сірчаної кислоти збільшиться. А викид шкідливих речовин в атмосферу буде майже нульовим.

З метою підвищення надійності АСУТП, необхідно замінити існуючі датчики на їх сучасні аналоги з більш високими показниками якості і надійності [17].

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		10

## 2 ВИБІР КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА БЛОКУВАННЯ

З метою автоматичної підтримки і контролю режимів роботи печі випалу сірки слід оснастити її контрольно вимірювальною апаратурою (надалі КВП) та автоматикою:

- первинні вимірювальні прилади;
- перетворювачі технологічних сигналів в уніфіковані сигнали;
- мікроконтролер;
- магнітні реверсивні пускачі для пуску та зупинки електричних двигунів;
- виконавчі механізми та приводи.

Система регулювання передбачає:

- дистанційне або ручне керування окремо кожним регулюючим органом;
- автоматична підтримка технологічних параметрів на заданому рівні;
- можливість ручної зміни завдань.

Система автоматизації процесу отримання сірчаного ангідриду передбачає наступні контури управління:

- підтримання температури газу, що виходить на рівні +1050 °С;
- підтримання витрати повітря.

Пуск виробництва та виведення обладнання на номінальний робочий режим проводиться дистанційно з пульта оператора-технолога. В нормальному, сталому режимі роботи управління виконавчими механізмами та приводами здійснюється в автоматичному або дистанційному режимах.

З метою запобігання пошкодження обладнання, виникнення аварійних ситуацій, а також запобігання неправильної послідовності включень/ виключень обладнання призначені захисні блокування.

Управління та контроль за технологічним процесом розчину і регенерації кислоти здійснюється з диспетчерського пункту з АРМ оператора-технолога.

На робочому місці оператора-технолога також розміщені необхідні прилади контролю та апаратура управління.

Технологічний режим роботи встановлюється регулюється таким чином,

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		11

щоб забезпечити задані продуктивність, якість установки і вихід готового продукту.

Регулювання здійснюється автоматично або вручну за відповідними показниками тисків, рівнів і температур, які спостерігаються за приладами, встановленими в контрольних точках апаратури.

Тарельчатою колоною керують ручним або автоматичним регулюванням. Управління здійснюють регулюванням подачі кислотної суміші, технічної сірчаної кислоти і пара в колону.

Витрату пари підтримують такою, за якої будуть забезпечені необхідні показники якості азотної кислоти та сірчаної кислоти.

## 2.1 Контроль і управління температурою

### 2.1.1 Управління температурою азотної кислоти

Під час управління процесом охолодження азотної кислоти в теплообміннику, слід враховувати її температуру. Якщо температура перевищить значення в 40 °С, то відкривається відповідний клапан і кислота повертається в теплообмінник. Так відбувається до тих пір, поки вона не охолоне до заданої температури.

Після досягнення заданої температури (40 °С), клапан закривається і азотна кислота з теплообмінника самопливом надходить до фази приготування.

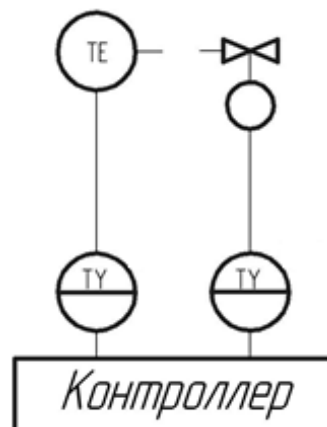


Рисунок 3 - Контур управління температурою в теплообміннику азотної кислоти

До АРМ надходить інформація про стан обладнання (включено/вимкнено), і параметри процесу. Якщо є невідповідність параметрів (відносно нормального протікання процесів), видається відповідне текстово-графічне повідомлення, і

									СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата						12

включається світлова і звукова сигналізація.

Звукову сигналізацію можна відключити, а світлова сигналізація вимикається автоматично, після усунення причин спрацювання і входу параметра в робочий режим.

## 2.2 Контроль і управління тиском

### 2.2.1 Управління тиском водяної пари

Подача водяної пари здійснюється в нижню частину колони. З метою забезпечення нормального ходу технологічного процесу, тиск водяної пари має перевищувати 0,6 МПа (6 кгс / см<sup>2</sup>).

Управління тиском здійснюється за допомогою зміни кута положення засувки виконавчого пристрою.

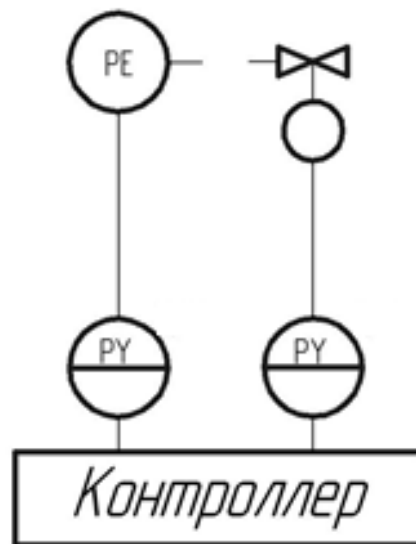


Рисунок 4 - Контур управління тиском водяної пари

На АРМ передається інформація про тиск водяної пари в нижній частині колони. У разі невідповідності тиску, видається відповідне текстово-графічне повідомлення, і включається світлова і звукова сигналізація.

Звукову сигналізацію можна відключити, а світлова сигналізація вимикається автоматично, після усунення причин спрацювання і входу параметра в робочий режим.

## 2.3 Контроль і управління рівнем

### 2.3.1 Управління рівнем слабкої азотної кислоти і відпрацьованої кислотної суміші в напірному баку №4

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		13

Кислотна суміш подається в напірний бак №4 за допомогою насоса. У напірному баку слід підтримувати постійний рівень суміші на номінальній позначці  $3 \pm 0,1$  м.

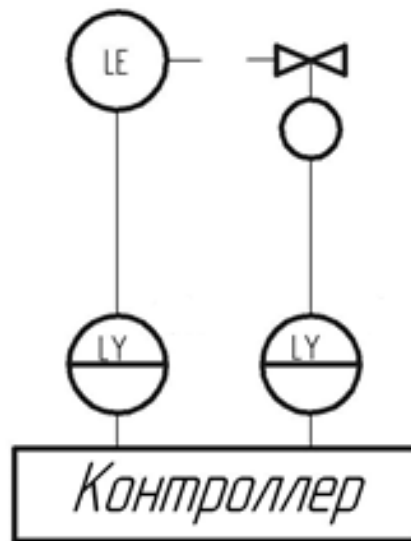


Рисунок 5 - Контур управління рівнем в напірному баку

На АРМ передається інформація про рівень слабкої азотної кислоти в напірному баці і відпрацьованої кислотної суміші в ємності. Напірний бак має переливну лінію, по якій надлишок суміші кислот відводиться назад в ємність.

У разі невідповідності рівня до нормального протікання процесу, видається відповідне текстово-графічне повідомлення, і включається світлова і звукова сигналізація.

Звукову сигналізацію можна відключити, а світлова сигналізація вимикається автоматично, після усунення причин спрацювання і входу параметра в робочий режим.

Управління рівнем здійснюється зміною швидкості обертання відповідного електричного двигуна насоса.

## 2.4 Контроль і управління витратою

### 2.4.1 Управління витратою суміші відпрацьованих кислот

Суміш кислот надходить на 11-ю царгу тарельчатої колони з напірного бака №4. З метою забезпечення нормального ходу технологічного процесу, витрата суміші відпрацьованих кислот має бути в межах  $2,4 \pm 0,1$  м<sup>3</sup> / год.

Контур управління витратою суміші відпрацьованих кислот показано на

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		14



рисунку 6.

Управління витратою суміші здійснюється за допомогою зміни кута положення засувки відповідного виконавчого пристрою.

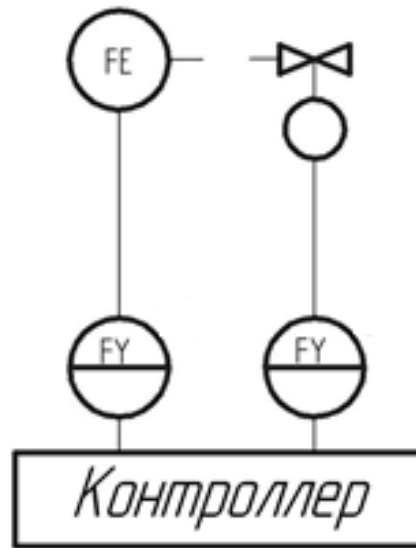


Рисунок 6 - Контур управління витратою суміші відпрацьованих кислот

На АРМ передається інформація про витрату суміші кислот. В разі не відповідності витрати заданим межам, формується керуючий вплив, видається відповідне текстово-графічне повідомлення, і включається світлова і звукова сигналізація.

Звукову сигналізацію можна відключити, а світлова сигналізація вимикається автоматично, після усунення причин спрацювання і входу параметра в робочий режим.

#### 2.4.2 Управління витратою технічної сірчаної кислоти

Технічна сірчана кислота надходить з напірного бака 5 на 6-у царгу тарельчатої колони. Нормальний хід технологічного процесу передбачає витрату технічної сірчаної кислоти в межах  $1,1 \pm 0,05$  м<sup>3</sup> / год.

Контур управління витратою технічної сірчаної кислоти представлений на рисунку7:

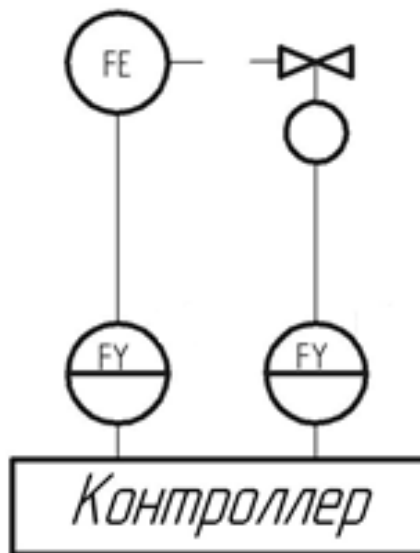


Рисунок 7 - Контур управління витратою технічної сірчаної кислоти

На АРМ передається інформація про витрату технічної сірчаної кислоти. В разі не відповідності витрати заданим межам, формується керуючий вплив, видається відповідне текстово-графічне повідомлення, і включається світлова і звукова сигналізація.

Звукову сигналізацію можна відключити, а світлова сигналізація вимикається автоматично, після усунення причин спрацювання і входу параметра в робочий режим.

Управління здійснюється зміною кута положення відповідної засувки виконавчого пристрою.

### 3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Засоби автоматизації, за допомогою яких буде здійснюватися управління процесом, повинні бути вибрані технічно грамотно і економічно обґрунтовано. Конкретні типи автоматичних пристроїв вибирають з урахуванням можливостей об'єктів управління. У першу чергу приймають до уваги такі фактори, як пожежо та вибуховонебезпечність, агресивність і токсичність середовищ, число параметрів, які приймають участь в управлінні, і їх фізико - хімічні властивості а також вимоги до якості контролю і регулювання. У зв'язку з тим, що надане виробництво є пожежо-вибуховонебезпечним, то здійснювати автоматизацію потрібно на основі новітніх датчиків з іскро та вибухозахистом.

Для з'єднувальних ліній використовувати броньовані кабелі, які заземлені на обох кінцях. Прилади на щиті можливо використовувати звичайні, так як щитова віддалена від технологічного обладнання і розташовується у окремому приміщенні куди немає доступу небезпечним речовинам

Електричні засоби характеризуються меншим запізненням і перевершують пневматичні по точності вимірювання. Крім того, застосування електричних засобів спрощує упровадження мікропроцесорної техніки.

#### 3.1 Вибір засобів контролю

##### 3.1.1 Контроль температури [2]

З метою вимірювання температури речовин в теплообмінниках обираємо первинний вимірювальний перетворювач ТЕ. Встановлюємо його за місцем:

##### а) Датчик температури ДТПЛ

Термопара ДТПЛ яка вмонтовується в трубопровід, при зміні температури вимірюваної величини, з'являється сигнал у вигляді 4-20 мА, який надходить на програмований логічний контролер

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		17



Рисунок 8 - Датчик температури ДТПЛ

Термопари у вибухозахищеному виконанні на відміну від датчиків в загальнопромисловому виконанні застосовуються для вимірювання температури вибухонебезпечних сумішей газів, парів, а також легкозаймистих і вибухових речовин. Вартість: 1450 грн.

б) Термоперетворювач ТСМУ Метран-274

Аналоговий перетворювач температури з уніфікованим вихідним сигналом.

Чутливий елемент первинного перетворювача вбудований в головку датчика. Вимірювальний перетворювач при зміні температури вимірюваної величини, з'являється сигнал у вигляді 4-20 мА, який надходить на програмований логічний контролер.

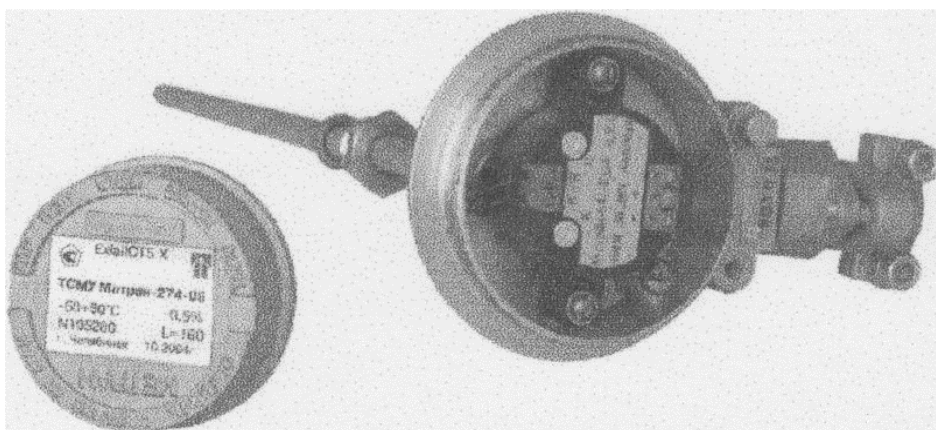


Рисунок 9 – Термоперетворювач ТСМУ Метран-274

Технічні характеристики:

Вихідний сигнал 4-20мА

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		18

Первинні перетворювачі:

- ТХА (К) з можливістю вимірювання температури до 1000 °С

Жароміцні і корозійностійкі

захисні арматури

Вибухозахищені виконання Exd або Exi

Вартість: 1127,25 грн.

в) Термоперетворювачі типу ТНН(ТХА)

Термопари ТХА і ТХК - це термометри опору які застосовують для вимірювання температури різних промислових об'єктів, а також в різних контурах управління і автоматичного контролю на виробництвах.

Головні переваги хромель-алюмелеві і хромель-копелеві термопар перед іншими видами термопреобразователей - невисока вартість, досить широкий діапазон вимірюваних температур - від -2000С до + 13720С (межа вимірювань залежить від діаметра використовуваної термоелектродного дроту), а також надійна конструкція термопреобразователей.

Також широко впроваджувати хромель-алюмелеві і хромель-копелеві термопари зобов'язані в першу чергу своїй простоті, зручності монтажу, можливостям по вимірюванню локальної температури. Показники термопреобразователей ТХА і ТХК набагато більш лінійні, ніж багато інших датчики, а їх нелінійність добре передбачувана і детально описана в спеціальній літературі. Крім того до числа достоїнств термопар ТХА і ТХК відносяться також мала інерційність, можливість вимірювання малих різниць температур.

При виборі датчиків температури видів ТХА і ТХК слід врахувати що їх небажано використовувати в атмосфері з підвищеним вмістом сірки, так як вона впливає на обидва електроди. Існує більше п'ятдесяти модифікацій під різні виробничі потреби, опис різних типів перетворювачів температури ТХА і ТХК а також їх технічних характеристик наведено нижче.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		19



Рисунок 10 - Термоперетворювач ТНН(ТХА)

Технічні характеристики:

Діапазон измеряемых температур, °С:

- для термопар ТХА, КТХА (тип К)...от -400С до +12000С

- для термопар ТХК, КТХК (тип L)...от -400С до +6000С

Средний срок службы при номинальной температуре применения, лет:

-для термопар ТХА: 4 года;

-для термопар ТХК: 6 лет.

Вартість: 1000 грн.

Порівнявши технічні характеристики датчиків ДТПЛ, ТСМУ Метран- 274 і ТНН(ТХА), а також їх вартість, можна зробити висновок, що датчики ДТПЛ і ТНН(ТХА) потребують співвідношення сигналу. Тому будемо використовувати датчик температури ТСМУ Метран- 274.

### 3.1.2 Вимірювання тиску

#### а) Перетворювач тиску BD Sensors DMP331i

##### Технічний опис.

Основним елементом датчика DMP 331i є датчик тиску DSP 401. При дії тиску напівпровідниковий датчик DSP 401 дає вихідний сигнал дорівнює 100 мВ при харчуванні постійним струмом.

Даний сигнал обробляється аналогово-цифровим перетворювачем на стандартний вихідний сигнал. Обробка забезпечує корекцію температурної залежності сенсора і електроніки з високою точністю.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		20

Важливою перевагою датчика є наявність крім аналогового вихідного сигналу і можливість виходу RS232 або RS485. Справжні виходи дають можливість, наприклад, призначене для користувача обнулення зміщення величини сигналу.

Таблиця 3.1 - Основні технічні характеристики DMP331i

Діапазон тисків:	$1,2 * 10^5 - 4 * 10^5 \text{ Н / м}^2$
Повна приведена похибка, не більше:	0,5%
Вихідний сигнал:	RS 232/485, 4..20 mA
Напруга живлення:	9-36 В
Вартість з урахуванням доставки	1860,30 грн

Вихідний сигнал датчика може бути налаштований під протокол будь-якої системи телемеханіки, що має інтерфейс RS-485, або струмовий сигнал 4:20 mA.

### б) Перетворювач тиску LD 301

Перетворювачі LD 301 являють собою інтелектуальні датчики з програмним управлінням для вимірювання тиску в діапазоні  $1 * 10^5 - 3 * 10^5 \text{ Н / м}^2$ .

Вихідний сигнал датчика - нормований цифровий в форматі інтерфейсу RS-485.

Вихідний сигнал датчика може бути налаштований під протокол будь-якої системи телемеханіки, що має інтерфейс RS-485, що дозволяє без труднощів вбудовувати його в інформаційні вимірювальні системи.

Таблиця 3.2 - Основні технічні характеристики LD 301

Діапазон тисків:	$1 * 10^5 - 3 * 10^5 \text{ Н / м}^2$
------------------	---------------------------------------

Повна приведена похибка, не більше:	1%
Вихідний сигнал:	RS 232/485, 4..20 mA
Напруга живлення:	9-36 В
Вартість з урахуванням доставки	2410,90 грн

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів DMP331i і LD 301, можна зробити висновок, що обидва датчики мають інтерфейс RS-485 для зв'язку з пристроєм управління. Але перетворювач DMP331i має більшу точність вимірів і меншу вартість - тому слід використовувати перетворювач тиску DMP331i.

### 3.1.3 Контроль рівня суміші кислот в напірному баку [4]

З метою контролю рівня сумішей сірчаної та азотної кислот, можливе використання наступних датчиків рівня:

а) Перетворювач рівня буйковий пневматичний ПУП.



Рисунок 11 - Перетворювач рівня буйковий пневматичний ПУП

Перетворювач призначений для контролю рівня рідини в системах автоматичного контролю технологічних процесів з підвищеними вимогами до пожежної безпеки. Прилади використовуються в хімічній, нафто- і газодобувних галузях промисловості спільно з реєстраторами та виконавчими механізмами, що працюють від стандартного пневматичного сигналу 20-100 кПа.

Основні технічні характеристики

- Діапазон вимірювання - до 16 м.



- Гранично допустимий робочий надлишковий тиск - до 16 МПа.
- Похибка вимірювань  $\pm 0,5\%$ .
- Харчування - стиснене повітря тиском до 140 кПа.
- Вихідний сигнал - пневматичний від 20 до 100 кПа.
- Температура контрольованої рідини - від мінус 50 до плюс 200 ° С, а при використанні тепловідводної патрубк температура може бути від мінус 50 до плюс 400 ° С.
- Ціна (з урахуванням доставки): 3370 грн.

б) Перетворювач рівня буйковий пневматичний УРБ-П.



Рисунок 12 - Перетворювач рівня буйковий пневматичний УРБ-П

Уровнемер буйковий пневматичний УРБ-П призначений для роботи в системах автоматичного контролю, управління і регулювання параметрів виробничих технологічних процесів з метою видачі інформації у вигляді стандартного пневматичного сигналу про рівень рідини знаходяться під вакуумметричним, атмосферним або надмірним тиском.

Основні технічні характеристики

- Діапазон вимірювання - до 16 м.
- Гранично допустимий робочий надлишковий тиск - до 12 МПа.
- Похибка вимірювань  $\pm 1,5\%$ .

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		23

- Харчування - стиснене повітря тиском до 140 кПа.
- Вихідний сигнал - пневматичний від 20 до 100 кПа.
- Температура контрольованої рідини - від мінус 50 до плюс 150 ° С.
- Ціна (з урахуванням доставки): 2830 грн.

Порівнявши технічні характеристики перетворювачів ПУП і УРБ-П можна зробити висновок, що перетворювач ПУП володіє більш високою точністю перетворення. Значить, слід використовувати перетворювач температури ПУП.

### 3.1.4 Контроль витрати кислотної суміші і технічної сірчаної кислоти

У цьому технологічному процесі виробляється регулювання витрати сірчаної кислоти.

Діапазон вимірюваних витрат у всіх точках практично однаковий, отже, застосуємо один тип датчика для цих точок. Для вимірювання витрати можливе використання наступних датчиків:

а) Ротамер пневматичний РПФ -

02



Рисунок 13 - ротамер пневматичний РПФ - 02

Ротаметри типу РПФ є прилади призначені для вимірювання об'ємної витрати агресивних плавно мінливих однорідних потоків чистих і слабозабруднених рідин з дисперсними включеннями сторонніх часток і перетворення його в уніфікований пневматичний вихідний сигнал, який передається на вторинний прилад або пристрій з межами вимірювання тиску повітря 0,2 1 кгс / см<sup>2</sup>.

Таблиця 3.3 - Основні технічні характеристики РПФ - 02

Тип ротаметра	РПФ - 02
Межі вимірювання (м3 / год)	4; 6,3; 10
Вихідний сигнал (кгс / см2)	0,2-1
Температура вимірюваного середовища, (° С)	-40 ... + 150
Температура навколишнього повітря, (° С)	-30 ... + 50
Раб. тиск. (Кгс / см2)	64
вид приєднання	фланцеве
Габаритні розміри, мм)	464x220x250
Діаметр умовного проходу (мм)	40
Живлення приладу стисненим повітрям з тиском (кгс / см2)	1,4 ± 10%
Межа відносної похибки вимірювань	до + 0,5%
Ціна (грн)	2686

## б) Перетворювач витрати рідини ДМПК-100АМ-16кПа-1

Перетворювач витрати рідини пневматичний ДМПК-100АМ-16кПа-

І призначений для роботи в системах автоматичного контролю, управління і регулювання параметрів промислових технологічних процесів у нафтопереробній, газовій, хімічній та інших галузях промисловості з метою видачі інформації у вигляді стандартного пневматичного сигналу про витрату рідин. Перетворювачі призначені для роботи з вторинною яка б показала, апаратурою, регуляторами і іншими пристроями автоматики і систем управління, що працюють від вхідного сигналу 20-100 кПа. Переїмущества: можливість місцевого відліку тиску харчування і вихідного сигналу; широкий діапазон перебудови меж вимірювання; висока стабільність нуля і діапазону.

Умови експлуатації: По стійкості до кліматичних впливів перетворювач відповідає кліматичним виконань УХЛ або Т категорії розміщення 2 по ГОСТ 15150. Воздух харчування повинен бути підготовлений за класами забрудненості 0; 1.

Таблиця 3.4 - Основні технічні характеристики ДМПК-100АМ-16кПа-1.

Межі вимірювання (м3 / год)	до 10
-----------------------------	-------

Вихідний сигнал (кгс / см <sup>2</sup> )	0,2-1
Раб. тиск. (Кгс / см <sup>2</sup> )	64
Живлення приладу стисненим повітрям з тиском (кгс / см <sup>2</sup> )	1,5 ± 10%
Межа відносної похибки вимірювань	±1%
Ціна (грн)	4120

Порівнявши технічні характеристики датчиків і взявши до уваги доцільність установки однотипного обладнання, можна зробити висновок, що для контролю витрат слід використовувати ротаметр РПФ - 02.

### **3.2 Вибір виконавчих механізмів (регулюючих клапанів)**

#### **3.2.1 Вибір регулюючих клапанів [4]**

Для управління витратою технологічних рідин, пари, що гріє і охолоджує технічної води можливе використання наступних виконавчих механізмів з електроприводом:

а) Малогабаритний векторний перетворювач EI-8001.

До основних переваг можна віднести: повний захист двигуна, векторне управління без зворотного зв'язку, можливість використання аналогових і цифрових входів / виходів для регулювання і дистанційного керування, харчування 220/380 В, 50 Гц.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		26

Таблиця 3.9 - Основні технічні характеристики EI-8001

Модель EI-8001	вхідний сигнал 5..40 mA
Максимальна вихідна потужність (потужність застосовуваного електродвигуна), кВт	5
Повна потужність перетворювача, кВА	6
Номінальний вихідний струм, А	Вихід 3ф 380 В 3,1
Номінальна вихідна напруга і частота	Трифазне 380 В - 50 Гц
Захист і безпека перетворювача	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Електрична ізоляція між силовими ланцюгами та ланцюгами управління (входи, виходи, джерела живлення);</li> <li>2. Захист від струмів короткого замикання (А за рахунок внутр. Джерел, В-між вихідними фазами;</li> <li>3. Термозахист від надмірного перегріву і струмових перевантажень;</li> <li>4. Знижений і надмірне напруга джерела живлення;</li> </ol>
захист електродвигуна	Інтегральна тепловий захист
Умови експлуатації	Використовувати всередині приміщення. Не повинно бути впливу прямого сонячного освітлення, корозійних і вибухових газів або парів. Вібрація 5,9 м / с (0,6 G ) Або менше (від 10 до 50 Гц).
Температура і відносна вологість навколишнього середовища	Від -10 до +40 ° С (50 ° без верхньої кришки), 93% (відсутність конденсації).
Ступінь захисту охолодження	IP 20. Ступінь захисту по ГОСТ 14254-96 Примусове повітряне охолодження
Ціна (з урахуванням доставки), грн.	7320

До переваг даного перетворювача в першу чергу слід віднести: низьку вартість, простоту експлуатації, наявність входу управління ШІМ.

б) Перетворювач частоти векторний ОВЕН ПЧВ203-5К5-В 3ф / 3ф 5,5 кВт

Технічні характеристики ОВЕН ПЧВ203-5К5-В

Вихідна потужність - 5,5 кВт, номінальний вихідний струм - 11А

									лист
									27
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата	СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ				

Таблиця 3.10 - Основні технічні характеристики ПЧВ203-5К5-В

мережа живлення	3 фази, 380 ... 480 В (5,% ... 22 кВт)
Вихідна напруга (U, V, W),%	0 ... 100
Вихідна частота, Гц	0 ... 200 Гц (VC), 0 ... 400 (U / F)
Цифрові входи, в тому числі імпульсні	5 1
аналогові входи	2 (1 U / I, 1 I)
аналогові виходи	1 I
релейні виходи	1 (240 В, 2 А)
Протокол RS-485	Modbus RTU
Вбудовані джерела живлення	10 В / 15 мА 24 В / 130 мА
Клас захисту корпусу	IP20
віброміцність	0,7g
Максимальна відносна вологість	95% без конденсації вологи
Діапазон робочих температур	0 ... 40 ° С при номінальному вихідному струмі -10 ... + 50 ° С зі зниженням вихідного струму
Температура при зберіганні і транспортуванні	-20 ... +70 ° С
Максимальна довжина екранованого кабелю вігателя	15 м
Максимальна довжина неекранованого кабелю двигуна	50 м
перевантажувальна здатність	150% (60 с)
гальмівний ключ	є
Ціна (з урахуванням доставки), грн.	5490

При подібних технічних характеристиках частотний перетворювач ОВЕН ПЧВ203-5К5-В має меншу вартість і більший (на 0,5 кВт) запас по потужності, тому вибираємо частотний перетворювач ОВЕН ПЧВ203-5К5-В.

### 3.2.1 Вибір перетворювача частоти для управління двигунами насосів

На насосах подачі кислотних сумішей встановлені двигуни марки АР132М2 потужністю 11 кВт. Для управління швидкість обертання зазначеного двигуна можна використовувати такі перетворювачі частоти (табл. 3.5, 3.6):

а) Малогабаритний векторний перетворювач ЕІ-8001.

До основних переваг можна віднести: повний захист двигуна, векторне управління без зворотного зв'язку, можливість використання аналогових і цифрових входів / виходів для регулювання і дистанційного керування, харчування 220/380 В, 50 Гц.

									СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата						28

Таблиця 3.5 - Основні технічні характеристики EI-8001

Модель EI-8001	вхідний сигнал 5..40 mA
Максимальна вихідна потужність (потужність застосовуваного електродвигуна), кВт	5
Повна потужність перетворювача, кВА	6
Номінальний вихідний струм, А	Вихід 3ф 380 В 3,1
Номінальна вихідна напруга і частота	Трифазне 380 В - 50 Гц
Захист і безпека перетворювача	5. Електрична ізоляція між силовими ланцюгами та ланцюгами управління (входи, виходи, джерела живлення); 6. Захист від струмів короткого замикання (А за рахунок внутр. Джерел, В-між вихідними фазами; 7. Термозахист від надмірного перегріву і струмових перевантажень; 8. Знижений і надмірне напруга джерела живлення;
захист електродвигуна	Інтегральна тепловий захист
Умови експлуатації	Використовувати всередині приміщення. Не повинно бути впливу прямого сонячного освітлення, корозійних і вибухових газів або парів. Вібрація 5,9 м / с (0,6 G ) Або менше (від 10 до 50 Гц).
Температура і відносна вологість навколишнього середовища	Від -10 до +40 ° С (50 ° без верхньої кришки), 93% (відсутність конденсації).
Ступінь захисту охолодження	IP 20. Ступінь захисту по ГОСТ 14254-96 Примусове повітряне охолодження
Ціна (з урахуванням доставки), грн.	7320

До переваг даного перетворювача в першу чергу слід віднести: низьку вартість, простоту експлуатації, наявність входу управління ШІМ.

б) Перетворювач частоти векторний ОВЕН ПЧВ203-5К5-В 3ф / 3ф 5,5 кВт

Технічні характеристики ОВЕН ПЧВ203-5К5-В

Вихідна потужність - 5,5 кВт, номінальний вихідний струм - 11А

									лист
									29
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата	СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ				

Таблиця 3.6- Основні технічні характеристики ПЧВ203-5К5-В

мережа живлення	3 фази, 380 ... 480 В (5,% ... 22 кВт)
Вихідна напруга (U, V, W),%	0 ... 100
Вихідна частота, Гц	0 ... 200 Гц (VC), 0 ... 400 (U / F)
Цифрові входи, в тому числі імпульсні	5 1
аналогові входи	2 (1 U / I, 1 I)
аналогові виходи	1 I
релейні виходи	1 (240 В, 2 А)
Протокол RS-485	Modbus RTU
Вбудовані джерела живлення	10 В / 15 мА 24 В / 130 мА
Клас захисту корпусу	IP20
віброміцність	0,7g
Максимальна відносна вологість	95% без конденсації вологи
Діапазон робочих температур	0 ... 40 ° С при номінальному вихідному струмі -10 ... + 50 ° С зі зниженням вихідного струму
Температура при зберіганні і транспортуванні	-20 ... +70 ° С
Максимальна довжина екранованого кабелю вігателя	15 м
Максимальна довжина неекранованого кабелю двигуна	50 м
перевантажувальна здатність	150% (60 с)
гальмівний ключ	є
Ціна (з урахуванням доставки), грн.	5490

При подібних технічних характеристиках частотний перетворювач ОВЕН ПЧВ203-5К5-В має меншу вартість і більший (на 0,5 кВт) запас по потужності, тому вибираємо частотний перетворювач ОВЕН ПЧВ203-5К5-В.

### 3.3 Програмований логічний контролер

Верхній рівень АСУ виконує функції діалогової взаємодії з оператором, що включають в себе відображення, накопичення і аналіз даних [8].

Основні функції управління реалізуються на основі вибору технічних засобів. Основне завдання вибору технічних засобів - перевірити повідомлення каналів управління контролера з приводами.

						СУз-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата			30



З аналізу обсягу інформації, що надходить (таблиця 11) випливає, що контролер повинен забезпечувати прийом 5 вхідних сигналів і видачу керуючого впливу по 10 каналах. Обираємо кількість входів/виходів .

Таблиця 11 - Вимоги до портів введення / виводу контролера.

сигнали	кількість сигналів
Аналогові вхідні	3
Цифрові вхідні (RS-485)	2
Аналогові вихідні	5
Дискретні вихідні	5

Для поставленої задачі можливо використовувати як ПЛК - програмовані логічні контролери так і PC-based автоматику, яка базується на промисловому комп'ютері.

Беручи до уваги невеликий час циклу опитування датчиків  $t = 0.1$ , і видачі керуючого впливу, можна зробити висновок, що необхідність у використанні швидкодіючої але дорожчий PC-based автоматики немає.

Сформульовані вимоги можуть забезпечити такі контролери:

**а) Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК 160 6]**

ПЛК 160 призначений для створення систем управління малими та середніми об'єктами.

Побудова системи управління і диспетчеризації на базі ОВЕН ПЛК можливо як за допомогою провідних засобів - використовуючи вбудовані інтерфейси Ethernet, RS-232, RS-485, так і за допомогою бездротових засобів - використовують радіо, GSM, ADSL модеми.

**Конструктивні особливості ОВЕН ПЛК 160**

Контролер виконаний в компактному DIN-рейковому корпусі.

Розширення кількості точок введення \ виведення здійснюється шляхом підключення зовнішніх модулів введення \ виводу за допомогою одного з вбудованих інтерфейсів.

**Обчислювальні ресурси ОВЕН ПЛК 160**

У контролері закладені потужні обчислювальні ресурси при відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, з частотою 180МГц компанії Atmel;
- великий обсяг оперативної пам'яті - 8МБ;
- великий обсяг постійної пам'яті - Flash пам'ять, 4МБ;
- обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання змінних - до 16КБ.

Зовнішній вигляд ПЛК представлений на малюнку 3.10.



Рисунок 14 - ОВЕН ПЛК 160

### електричні параметри

- Два варіанти харчування для кожного контролера:
- змінний струм: (90-265) В, (47 ... 63) Гц;
- постійний струм: (18-29) В.
- Невелика споживана потужність до 10 Вт.
- Дискретні входи - 16
- Дискретні виходи - 12
- Аналогові входи - 8
- Аналогові виходи - 4
- Всі дискретні входи контролера вимірюють сигнал 24В.
- Тип сигналу може бути як рпр, так і рпр.

- Дискретні виходи типу: Р - реле.

«Швидкі» аналогові входи, для підключення уніфікованих датчиків струму, напруги. Дискретні виходи контролерів даної лінійки можуть бути налаштовані на видачу ШІМ, або генератора з високою точністю.

Вартість ПЛК - 11105,36 грн.

### **б) Програмований логічний контролер SIMATIC S7-1200 [7]**

Програмований контролер SIMATIC S7-1200 виробництва SIEMENS - це базовий контролер для вирішення найрізноманітніших завдань автоматизації малого і середнього рівня. Цей контролер має модульну конструкцію і універсальне призначення. Він здатний працювати в реальному масштабі часу, може використовуватися для побудови відносно простих вузлів локальної автоматики або вузлів комплексних систем автоматичного управління, що підтримують інтенсивний комунікаційний обмін даними через мережі Industrial Ethernet / PROFINET, а також PtP (Point-to-Point) з'єднання.

Програмований контролер S7-1200 має компактні пластикові корпусу із ступенем захисту IP20, може монтуватися на стандартну 35 мм профільну шину DIN або на монтажну плату і працює в діапазоні температур від 0 до +50 ° С. Він здатні обслуговувати 24 дискретних і 12 аналогових каналу введення-виведення.

#### **центральний процесор**

Центральний процесор має високу продуктивність і забезпечує підтримку широкого набору функцій:

- Програмування на мовах LAD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram) і SCL (Structured Control Language), вичерпний набір команд.
- Висока швидкодія, час виконання логічної операції не перевищує 0.1 мкс.
- Вбудована завантажувана пам'ять об'ємом до 4 Мбайт, що розширюється картою пам'яті ємністю до 4 Гбайт.
- Робоча пам'ять ємністю до 150 Кбайт.
- Незалежна пам'ять ємністю 10 Кбайт для роботи без обслуговування збереження даних при перебоях в харчуванні контролера.

					СУз-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		33

- Вбудовані дискретні входи універсального призначення, що дозволяють вводити потенційні або імпульсні сигнали.
  - Вбудовані апаратні годинник реального часу з запасом ходу при перебоях в харчуванні 20 днів.
  - Вбудовані швидкісні лічильники з частотою проходження вхідних сигналів до 1 МГц.
  - Вбудовані імпульсні виходи з частотою проходження імпульсів до 1 МГц (тільки в CPU з транзисторними виходами).
  - Підтримка функцій ПІД регулювання.
  - Підтримка функцій управління переміщенням відповідно до вимог стандарту PLCopen.
  - Підтримка функцій оновлення операційної системи.
  - Вбудований WEB - сервер, що дозволяє виконувати дистанційну діагностику програмованих контролерів з використанням стандартного Web браузера.
  - Парольная захист програми користувача.
  - Комунікаційні модулі CM 12xx і CP 12xx для підключення контролера до мережі Industrial Ethernet, PROFIBUS DP, обміну даними через послідовні канали зв'язку, мобільну мережу GSM, канали зв'язку систем телеуправління.
- Зовнішній вигляд ПЛК представлений на малюнку 3.11.



Рисунок 15 -ПЛК SIMATIC S7-1200

Вартість ПЛК - 12906,36 грн.

**в) Програмований логічний контролер VIPA System 200V [8]**

					СУз-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		34

VIPA System 200V - контролер для вирішення завдань центральної та розподіленої системи автоматизації, де він може виступати в якості як "ведених" так і "провідних" пристроїв. Він з успіхом може використовуватися в системах промислової автоматизації з підвищеними вимогами до надійності устаткування і до часових параметрів контурів управління. CPU сумісні по набору інструкцій з популярними контролерами SIMATIC S7-300 і можуть програмуватися як за допомогою ПО WinPLC7 (VIPA), так і за допомогою STEP7 (Siemens).

VIPA System 200V побудований за модульним принципом. Це означає, що користувач має можливість оптимально підбирати склад модулів для вирішення свого завдання і гнучко модифікувати його при розширенні або при зміні вимог до системи. Він володіють хорошим часом реакції і підходить для управління виробництвами періодичного, безперервного і безперервно-періодичного типу.

Вартість ПЛК - 9696,52 грн.

Так як ОВЕН ПЛК 160 має достатній обсяг пам'яті, можливість роботи в реальному масштабі часу і більш широкий спектр функцій, вибираємо саме його.

Так як вбудованих аналогових входів / виходів мало, то існує необхідність використання додаткових модулів введення / виведення аналогових сигналів.

#### **Модуль аналогового введення ОВЕН МВ110-220.8АС [8]**

Пристрій призначений для перетворення вимірних аналогових сигналів в цифровий код і передачі результатів вимірювань в мережу RS-485. Призначений для побудови автоматизованих систем збору даних в різних областях промисловості, сільського господарства і комунального господарства, на транспорті.

Аналогові входи пристрою можуть працювати в наступних режимах:

вимір струму в діапазоні від 4 до 20 мА;

вимір струму в діапазоні від 0 до 20 мА;

вимір струму в діапазоні від 0 до 5 мА;

вимір напруги в діапазоні від 0 до 10 В.

Пристрій працює в мережі RS-485 за протоколами ARIES, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON. Пристрій має такі групи гальванічно розв'язаних

									лист
									35
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата	СУз-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ				

ланцюгів:

схема живлення пристрою;

Інтерфейсні схеми RS-485;

Вихідна схема вбудованого джерела постійної напруги 24 В.

Міцність електричної ізоляції всіх груп ланцюгів, крім групи силових ланцюгів, відносно один одного - 750 В, щодо групи силових ланцюгів - 3000 В.

Пристрій не є майстром мережі, тому в мережі RS-485 повинен бути майстер мережі, наприклад ПК з системою SCADA, контролер або контролер.

Пристрій поставляється з безкоштовним драйвером ORS і бібліотекою WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні пристрою до систем SCADA і контролерам інших виробників.

Пристрій налаштовується на ПК через інтерфейсний адаптер RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ARIES ACS-M або AC4) з використанням програми «Конфігуратор M110», що входить в комплект поставки.

Пристрій відповідає вимогам по завадостійкості по ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.

Зображення пристрою представлено на рисунку:



Рисунок 22 – Модуль аналогового введення ОВЕН МВ110-220.8АС

Основні технічні характеристики приладу ОВЕН МВ110-220.8АС наведені в таблиці 3.10.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		36

Таблиця 12 - Основні технічні характеристики ОВЕН МВ110-24.8АС

Найменування	Значення
Напруга живлення	24 В постійного струму
Споживана потужність, ВА, не більше	8
Межа основної зведеної похибки,%	0,25
Межа додаткової зведеної похибки,%	0,12
Роздільна здатність: - для діапазонів струмів від 4 до 20 мА і від 0 до 20 мА, мкА не більше - для діапазону струму від 0 до 5 мА, мкА не більше - для діапазону напруги від 1 до 10 В, мВ, не більше	4 1 2
Кількість аналогових каналів вимірювання	8
Вхідний опір в режимі вимірювання струму від 0 до 20 мА і від 4 до 20 мА, Ом	від 130 до 250
Вхідний опір в режимі вимірювання напруги від 0 до 10 В, кОм, не менш	200
Період оновлення результатів вимірювання по кожному каналу, мс	$5 \pm 2\%$
Вихідна напруга вбудованого джерела живлення, В	$24 \pm 3$
Максимальний струм навантаження вбудованого джерела живлення, А	0,18
Інтерфейс зв'язку з майстром мережі	RS-485
Максимальна кількість приладів, одночасно підключаються до мережі RS-485, не більше	32
Максимальна швидкість обміну по інтерфейсу RS-485, біт / с	115200
Ступінь захисту корпусу	IP20

Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата

СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ

лист

37

### **Модуль аналогового виведення ОВЕН МУ110-8І [8]**

Пристрій призначений для перетворення цифрових сигналів, які передаються по мережі RS-485, в аналогові сигнали в діапазоні 4 ... 20 мА для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів від записуючих пристроїв та записуючих пристроїв.

MU110 працює в мережі RS-485 за протоколами ARIES, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

MU110 конфігурується через ПК через адаптер інтерфейсу RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ARIES ACC-M або AC4 відповідно) з використанням доданого Конфігуратора M110.

Пристрій відповідає вимогам по заводостійкості по ГОСТ Р 51522 для обладнання класу А.



Рисунок 23 -Модуль аналогового виведення ОВЕН МУ110-8І

### **Модуль дискретного виводу ОВЕН МУ110-24.16Р [8]**

ОВЕН MU110-24.16Р працює в мережі RS-485 за протоколами ОВЕН, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

ОВЕН MU110-24.16Р не є майстром мережі, тому в мережі RS-485 повинен бути майстер мережі, наприклад ПК з системою SCADA, контролер або контролер.

ОВЕН MU110-24.16Р надає безкоштовний драйвер ORS і бібліотеку WIN

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		38



DLL, які рекомендується використовувати при підключенні пристрою до систем SCADA і контролерам інших виробників.

Налаштування ОВЕН МУ110-24.16Р здійснюється на ПК через інтерфейсний адаптер RS-485 / RS-232 або RS-485 / USB (наприклад, ОВЕН ASZ-М або АС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», яка входить в комплект.

Основні технічні характеристики апарату ОВЕН МУ110-24.16Р наведені в таблиці:

Таблиця 13 - Основні технічні характеристики ОВЕН МУ110-24.16Р

Найменування	значення
Напруга живлення: МУ110-220.16Р	90 ... 264 В змінного струму (номінальна напруга 220 В) частотою 47 ... 63Гц
МУ110-24.16Р	18 ... 29 В постійного струму (Номінальна напруга 24 В)
МУ110-224.16Р	90 ... 264 В змінного струму (номінальна напруга 220 В) частотою 47 ... 63Гц або 20 ... 375 В постійного струму (номінальна напруга 24 В)
Споживана потужність, ВА, не більше МУ110-220 (224) .16Р (К) МУ110-24.16Р (К)	12 6
Кількість дискретних вихідних елементів	16
Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS-485
Найменування	значення
Максимальна швидкість обміну по інтерфейсу RS-485, б / с	115200
Протокол зв'язку, який використовується для передачі інформації	ОВЕН; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON
Ступінь захисту корпусу	IP20
Габаритні розміри	63x110x73

Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата

приладу, мм	
Маса приладу, кг, не більше	0,5
Середній термін служби, років	8



Рисунок 24 – Модуль дискретного виводу ОВЕН МУ110-24.16Р

### 3.4 Блоки живлення

Для харчування входу, виходу, ПЛК та панелі оператора виберіть джерело живлення [8].

Ми використовуємо одноканальний блок живлення ОВЕН ВР60В-D4 (рис. 3.16) потужністю 60 Вт.



Рисунок 25 - Одноканальний блок живлення ОВЕН БП60Б-Д4

Основні технічні характеристики ОВЕН БП60Б-Д4 наведені в таблиці:

Таблиця 14 - Основні технічні характеристики ОВЕН БП60Б-Д4

Частота вхідної змінної напруги:	47 ... 63 Гц
Поріг спрацьовування захисту по струму:	не більше 1,5 I <sub>max</sub>
Максимальна вихідна потужність:	60 Вт
Робочий діапазон температур:	-20 ... + 50 °С
Рівень радіоперешкод по ГОСТ Р 51527:	група С
Вихідна напруга:	24 ± 1% В
Амплітуда пульсації вихідної напруги:	120мВ
Макс. струм навантаження I <sub>max</sub> :	2,5 А
Струм споживання:	1,03 ... 0,41 А
Ціна, грн	1115,09

### 3.5 Графічна панель оператора

Для введення завдань, візуалізації встановлених і діючих технологічних параметрів. Показання до надзвичайних ситуацій. Ми використовуємо графічну

панель оператора з сенсорним управлінням ОВЕН SP270 [8].

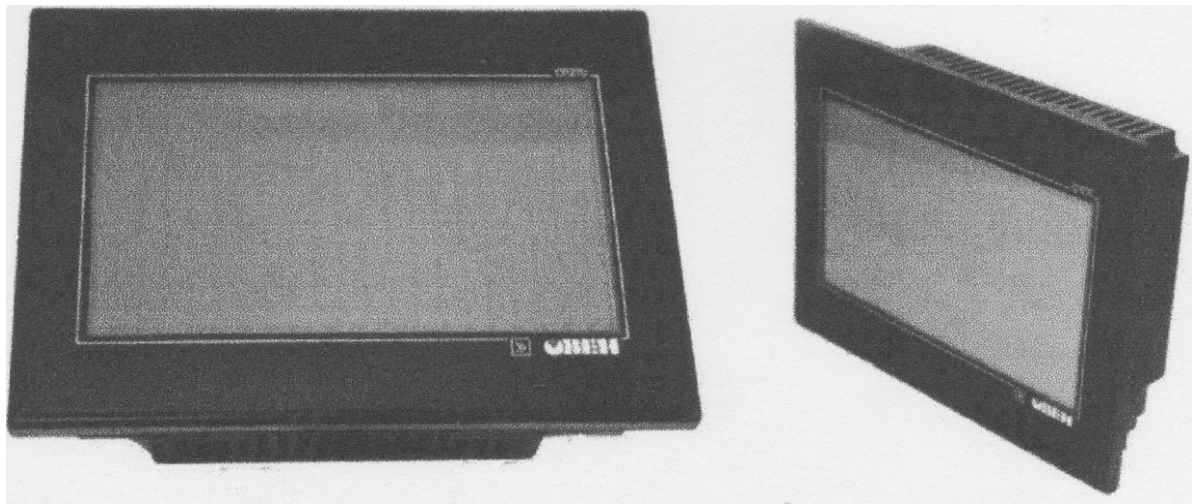


Рисунок 26 - Графічна панель оператора з сенсорним управлінням ОВЕН СП270

Ціна: 6750 грн

### 3.6 Розробка системи сигналізації [8]

Для реалізації технологічної сигналізації будемо використовувати блок технологічної сигналізації ПТС-64.

Блок технологічної сигналізації призначений для узагальненої і каналної сигналізації параметрів технологічних процесів, значення яких в процесі роботи перевищують ті чи інші технологічні установки. Використовується в локальних і комплексних системах промислової автоматизації виробничих процесів в схемах технологічних і охоронних систем.

Пристрій технологічної сигналізації ПТС-64 складається з одного блоку ПТС-2 (провідного пристрою або пристрою узагальненої сигналізації) і одного або декількох блоків ПТС-8 (веденого пристрою або пристрою каналу система оповіщення).

#### *Функціональні можливості*

- Індикація роботи каналу (PTS-8) і узагальненої сигналізації (PTS-2).
- Підключення зовнішніх світлодіодних індикаторів (через роз'єм терміналу або роз'єм GTS-B).
- Вибір типу сигналу тривоги - статичний сигнал (постійне світіння) або динамічний з частотою F1 або F2. Використання F1 і F2 націлене на два різних (по тону, гучності) звукових пристрої;

- Підтвердження (видалення) тривоги здійснюється за допомогою кнопки, яка підключається до клем PTS-2.
- Перевірка (перевірка) системи охоронної сигналізації здійснюється за допомогою кнопки, яка підключається до клем PTS-2.

Пристрій ПТС-2 (провідне) містить:

- Два незалежних канали сигналізації з переключаючими контактами частоти F1 і F2;

- перетворювач частоти сигналізації F1 і F2;

- Вузол зав'язування (зняття) сигналізації;

- вузол перевірки тривоги;

- Пристрій ПТС-8 (ведене) містить:

Пристрій ПТС-8 (ведене) містить:

- Вісім незалежних каналів сигналізації з можливістю вибору каналу сигналу сигналізації і номера каналу роботи систем сигналізації PTS-2;

Підключення пристрою технологічної сигналізації ПТС-64 здійснюється наступним чином. Від одного до восьми підлеглих пристроїв PTS-8 підключаються до головного пристрою PTS-2. Схема підключення пристрою показана на рисунку.

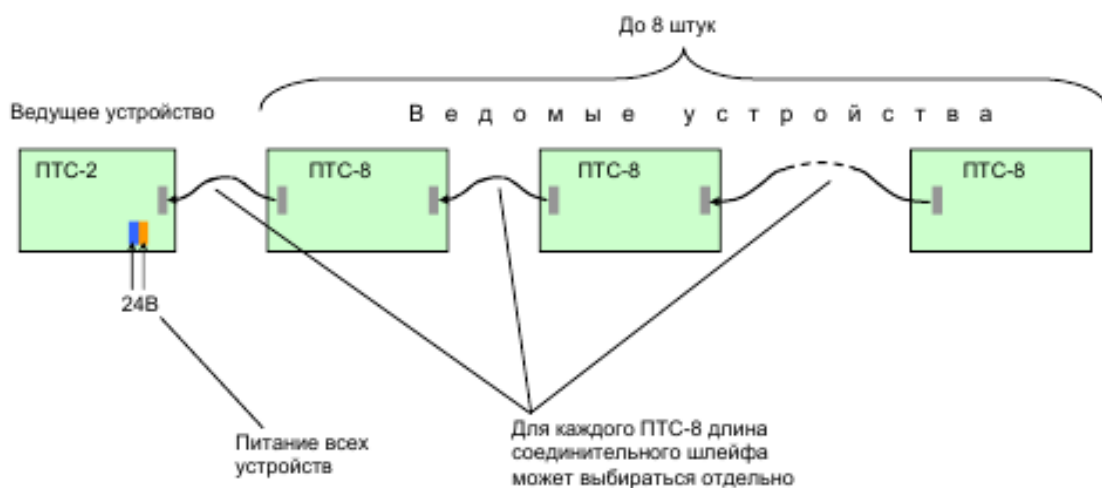


Рисунок 27 - Схема підключення приладу ПТС 64

На основі вибору каналів контролю і управління, а також вибору технічних засобів автоматизації була розроблена функціональна схема автоматизації.

## 4 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 4.1 Дослідження і настройка контуру регулювання

Завданням досліджуваної системи управління є підтримання постійної витрати сірчаної кислоти.

Необхідність регулювання пояснюється тим, що споживання сірчаної кислоти безпосередньо визначає якість регенерації і концентрацію азотної кислоти. Цей же факт визначає основні вимоги до швидкості і точності ланцюга управління. Для забезпечення нормального ходу технологічного процесу витрата технічної сірчаної кислоти повинен підтримуватися в межах  $1,1 \pm 0,05$  м3 / год.

Об'єктом моделювання є схема контролю витрат метричної кислоти в тарілці колони. Подача сірчаної кислоти в колону здійснюється за допомогою регулюючого клапана подачі, який в цьому випадку виступає в якості безпосереднього об'єкта контролю, його початковим параметром є поперечний переріз клапана.

В результаті синтезу необхідно отримати перехідний процес з такими показниками якості:

Вимоги до якості регулювання об'єкта контролю:

- час переходу  $\leq 25$  с;
- надмірне регулювання  $\leq 35\%$ ;
- ступінь загасання перехідного процесу  $\Psi = 0,9$ .

### 4.2 Отримання математичного опису об'єкта управління на основі експериментальних даних

Отримуємо передавальну функцію об'єкта управління на основі апроксимації кривої прискорення (рис. 28), отриманої експериментально на цьому об'єкті управління з використанням методу площ (Sim).

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		44

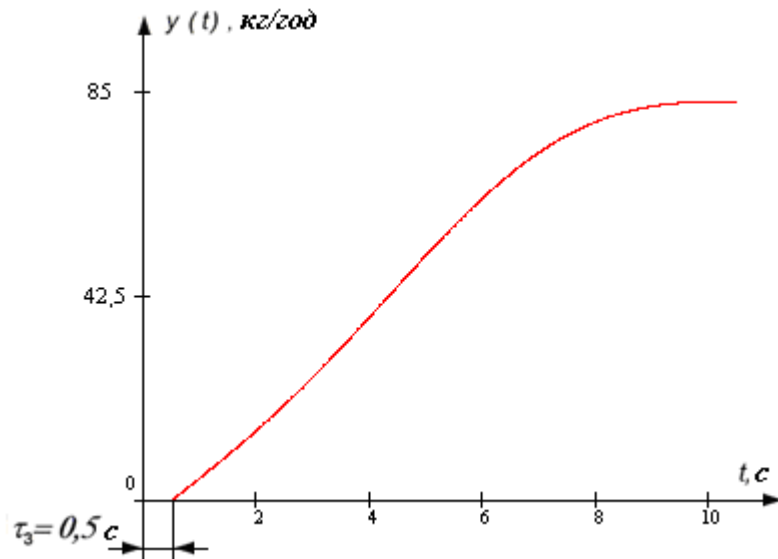


Рисунок 28 - Крива прискорення об'єкта управління

Виконайте нормалізацію кривої прискорення. Для цього з ординат нерегульованої кривої прискорення формуємо вектор-рядок вихідних даних

$$y(t) = (0; 6,8; 10,2; 17; 23,8; 30,6; 42,5; 47,6; 54,4; 57,8; 64,6; 68; 71; 4; 73,1; 74,8; 76,5; 77,86; 81,94; 82,28; 84,66; 85)$$

Розділіть отриману векторну рядок на 85 і отримаєте нову векторну рядок  $y_1(t)$

$$y_1(t) = (0; 0,08; 0,12; 0,2; 0,28; 0,36; 0,5; 0,56; 0,64; 0,68; 0,76; 0,8; 0,84; 0,86; 0,88; 0,9; 0,916; 0,964; 0,968; 0,996; 1)$$

Нормалізована крива прискорення показана на рис. 29.

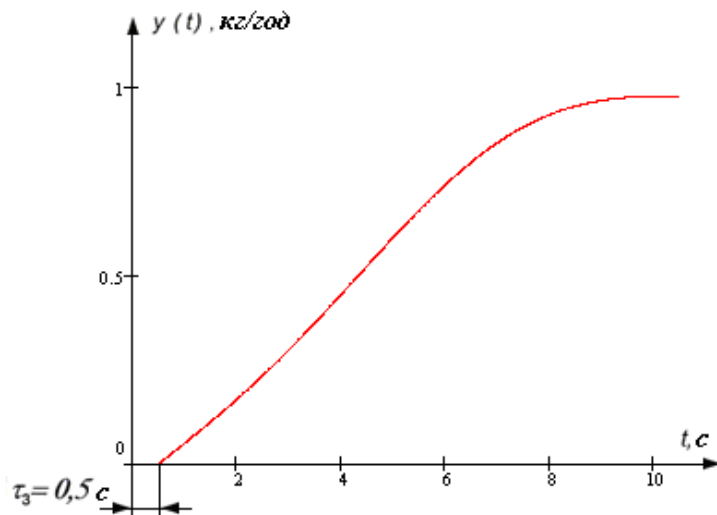


Рисунок 29 - Нормалізована крива прискорення об'єкта управління

Ми переносимо вектор-рядок в вектор-стовпець і встановлюємо розмірність вектора  $N$  за допомогою математичного пакета MathCad.

$$h := (y) T$$

$$N := 20$$

Ми встановлюємо крок розрахунку часу  $\Delta t = 0.5$  і встановити значення коефіцієнта  $S_0 = 0$  включити автоматизацію розрахунків.

Для обчислення інтеграла вирази

$$u(S, i, k) := \left[ (1 - h_1) \cdot \left[ \sum_{j=0}^{k-1} S_{k-1-j} \cdot \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^j}{j!} + \frac{(-1 \cdot i \cdot \Delta t)^{k-1}}{(k-1)!} \right] \right] \quad (4.1)$$

Ми використовуємо чисельний метод інтегрування (трапецієподібний метод). Для розрахунку необхідної кількості коефіцієнтів  $S_k$  організуємо за допомогою ранжированого змінної ( $k = 1..5$ ) циклічний розрахунок інтегралів зазначеного виду

$$S_k = \Delta t \cdot \left[ \sum_{i=1}^{N-1} u(S, i, k) + \frac{(u(S, 0, k) + u(S, N, k))}{2} \right], \quad (4.2)$$

де  $k$  - коефіцієнт числа  $S_k$ , Який розраховується;

$i$  - номер кроку розрахунку часу.

Підрахуємо перші 5 коефіцієнтів  $S$



$$S_1 = 3.598$$

$$S_2 = 3.664$$

$$S_3 = -0.695$$

$$S_4 = -0.9$$

$$S_5 = 3.07$$

Тому що коефіцієнт  $S_3$  негативно, то для розрахунків будемо обмежуватися першими двома, які відповідають коефіцієнтам передавальної функції  $a_1$  і  $a_2$

$$a_1 = S_1 = 3.598$$

$$a_2 = S_2 = 3.664$$

З графіка на рис. 4.3 видно, що постійна затримка  $\tau_z = 0,5$  (с).

Коефіцієнт посилення  $K$  визначається за формулою

$$K = \frac{Y_{уст}}{X}, \quad (4.3)$$

де  $Y_{уст}$  - встановлене значення вихідного параметра;

$X$  - значення вхідного значення (керуючий сигнал).

У нашому випадку  $Y_{уст} = 1$  кг / год (див. Рис. 29),  $X = 1$  кгс / см<sup>2</sup> (однотапійний введення)

$$K = \frac{1 \text{ кг} / \text{год}}{1 \text{ кгс} / \text{см}^2} = 1 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 / \text{кгс} \cdot \text{год}.$$

Таким чином, передавальна функція може бути представлена як

$$W(s) = \frac{K \cdot e^{-\tau_z s}}{a_2 s^2 + a_1 s + 1} = \frac{e^{-0.5 \cdot s}}{3.664 \cdot s^2 + 3.598 \cdot s + 1} \quad (4.4)$$

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
						47
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

### 4.3 Перевірка адекватності моделі по методу Фішера

Смоделируйте об'єкт управління відповідно до його функцією передачі (4.4) в MatLab (Simulink). Схема моделі показана на рис. 30.

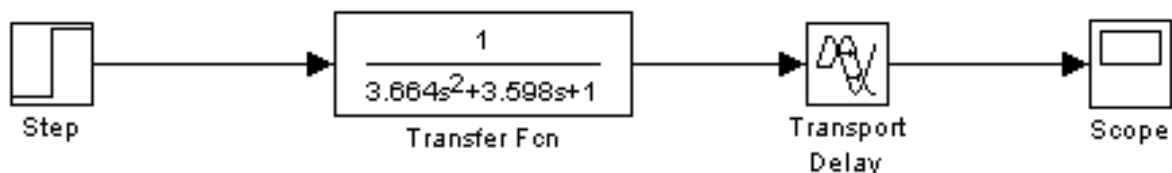


Рисунок 30 - Схема моделі досліджуваного об'єкта

Запускаємо процес симуляції і отримуємо криву прискорення (рис. 31).

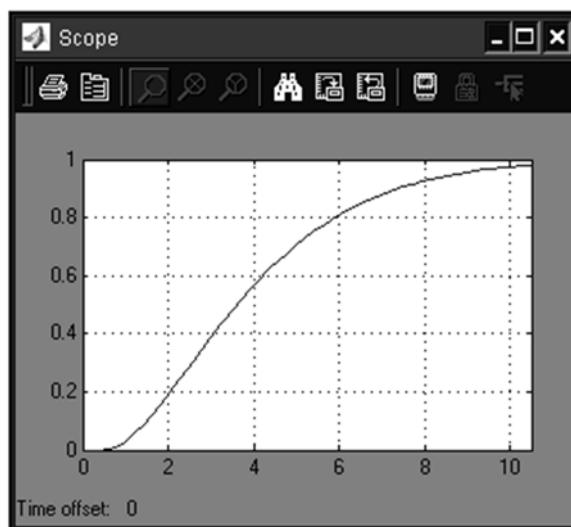


Рисунок 31 - Крива прискорення об'єкта управління, отримана в MatLab (Simulink)

Отримана крива практично збігається з аналогічною кривою з попередньої точки (рис. 29), тому моделювання виконується коректно.

Аналізуючи процес переходу, ми отримуємо наступні якісні показники:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 8,73 \text{ с;}$$

б) надмірне регулювання:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{\text{уст}}(t)}{h_{\text{уст}}(t)} = \frac{1-1}{1} \cdot 100\% = 0\% \quad (4.5)$$

Область зміни  $t$  ділиться на 10 інтервалів. Визначте середнє значення для 10 точок на експериментальній кривій прискорення (рис. 29), рівномірно розподілених уздовж кривої, і 10 точок в ті ж моменти часу на кривій прискорення, отриманої в MatLab (рис. 31).

Для цих точок ми визначаємо мат. очікування (середнє значення  $\bar{Y}$ ) за формулою

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{1i} \quad (4,6-a)$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{2i} \quad (4,6-б)$$

де  $\bar{Y}_{Y1}$  - мат. очікування, отримане для експериментальної кривої прискорення (рис. 29),

$\bar{Y}_{Y2}$  - мат. очікування, отримане для теоретичної кривої прискорення (рис. 31).

$$\bar{Y}_{Y1} = \frac{0,08 + 0,2 + 0,36 + 0,56 + 0,68 + 0,8 + 0,86 + 0,9 + 0,964 + 0,996}{10} = 0,64$$

$$\bar{Y}_{Y2} = \frac{0,06 + 0,18 + 0,34 + 0,53 + 0,65 + 0,78 + 0,84 + 0,89 + 0,96 + 0,97}{10} = 0,62$$

Визначити оцінку дисперсії середнього для кожного зразка

$$S_{Y1} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y1} - y_i)^2 \quad (4,7-a)$$

$$S_{Y2} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{Y}_{Y2} - y_i)^2 \quad (4,7-б)$$

$$S_{Y1} = \frac{(0,64 - 0,08)^2 + (0,64 - 0,2)^2 + (0,64 - 0,36)^2 + (0,64 - 0,56)^2 + (0,64 - 0,68)^2 + (0,64 - 0,8)^2 + (0,64 - 0,86)^2 + (0,64 - 0,9)^2 + (0,64 - 0,964)^2 + (0,64 - 0,996)^2}{10} = 0,107$$

$$S_{Y2} = \frac{(0,62 - 0,06)^2 + (0,62 - 0,18)^2 + (0,62 - 0,34)^2 + (0,62 - 0,53)^2 + (0,62 - 0,65)^2 + (0,62 - 0,78)^2 + (0,62 - 0,84)^2 + (0,62 - 0,89)^2 + (0,62 - 0,96)^2 + (0,62 - 0,97)^2}{10} = 0,109$$

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
						49
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Визначте співвідношення оцінок дисперсії, і чим більше отримана оцінка дисперсії ділиться на меншу

$$\frac{S_{\text{Убільша}}}{S_{\text{Уменша}}} \quad (4.8)$$

$$\frac{S_{\text{Убільша}}}{S_{\text{Уменша}}} = \frac{0,109}{0,107} = 1,02$$

Порівнюючи отримане значення зі значенням критерію Фішера  $F_{0,95,10,10} = 2,98$ , приходимо до висновку, що отримана модель адекватна об'єкту контролю, так як  $1,02 < 2,98$ .

#### 4.4 Синтез оптимального регулятора методом розширених частотних характеристик (метод Дудникова)

Ми вибираємо ПД-регулятор, так як модель об'єкта управління являє собою апериодическое ланка другого порядку з затримкою [13,14].

Об'єкт управління АФСН  $W_0(\omega)$  в залежності від величини ступеня коливаний  $m = 0.336$ , Що пов'язано із заданим показником ступеня загасання перехідного процесу  $\psi$  вираз  $\psi = 1 - e^{-2\pi \cdot m}$  частота  $\omega$  і параметри об'єкта управління. Для цього виконайте формальну заміну  $p = \omega \cdot (j - m)$

$$W_0(m, \omega) = \frac{e^{-0,5\omega(j-m)}}{3,664 \cdot (\omega \cdot (j-m))^2 + 3,598 \cdot \omega \cdot (j-m) + 1} \quad (4,9-а)$$

$$W_0(m, \omega) = - \frac{e^{(0,168-0,5 \cdot j) \cdot \omega} \cdot [(12390 - 9390 \cdot j) \cdot \omega^2 + (4610 + 13720 \cdot j) \cdot \omega - 3815]}{12680 \cdot \omega^4 - 7520 \cdot \omega^3 + 6030 \cdot \omega^2 - 1845 \cdot \omega + 763} \quad (4,9-б)$$

Отримуємо вираз для розширеного ПД-регулятора АФСН  $W_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, \omega)$  в залежності від ступеня коливаний  $m$  частота  $\omega$  і налаштування контролера  $k_0, k_1$  і  $k_2$ ,

Вдосконалений ПД-регулятор АФСН з трьома незалежними налаштуваннями, який описується функцією передачі  $W_{\text{ПД}}(p) = k_1 + \frac{k_0}{p} + k_2 \cdot p$

[15], відомий з літературних джерел

$$W_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, \omega) = \frac{\sqrt{(K_2 \cdot \omega^2 + m \cdot \omega \cdot K_1 - K_2 \cdot m^2 \cdot \omega^2 - K_0)^2 + (\omega \cdot K_1 - 2 \cdot K_2 \cdot m \cdot \omega^2)^2}}{\omega \cdot \sqrt{m^2 + 1}} \quad (4.10)$$

Складаємо рівняння балансу амплітуд і фаз

$$A_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, m, \omega) = \frac{1}{A_0(m, \omega)} \quad (4.11-а)$$

$$\Psi_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, m, \omega) = \Psi_0(m, \omega) \quad (4.11-б)$$

Визначити настройки ПД-регулятора  $k_0$ ,  $k_1$  і  $k_2$  ми використовуємо співвідношення

$$\text{Re}(W_p(m, j\omega)) = \text{Re}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4.12-а)$$

$$\text{Im}(W_p(m, j\omega)) = \text{Im}(W_0^*(m, j\omega)) \quad (4.12-б)$$

де  $W_0^*(m, j\omega)$  - зворотний (зворотний) розширений АФЧН.

Таким чином, представляючи вираз розширеного ПД-регулятора АФЧН  $W_{\text{ПД}}(k_0, k_1, k_2, \omega)$  в алгебраїчній формі і підставивши її в вищенаведене вираз (4.6), отримаємо параметричне вираз рівняння лінії рівного загасання (LRZ) як функцію частоти

$$k_0(m, \omega, k_2) = -(m^2 + 1) \cdot IW(m, \omega) \cdot \omega + k_2 \cdot \omega^3 \cdot (m^2 + 1) \quad (4.13-а)$$

$$k_1(m, \omega, k_2) = RW(m, \omega) + k_2 \cdot \omega \cdot m + \frac{1}{\omega} \cdot \frac{m}{(m^2 + 1)} \cdot [-(m^2 + 1) \cdot IW(m, \omega) \cdot \omega + k_2 \cdot \omega^3 \cdot (m^2 + 1)] \quad (4.13-б)$$

Для ПД-регулятора ми будемо кілька LRZ при фіксованих значеннях параметра  $k_2 = 0, 0,1, 0,2$  (рис. 32). Ми розглядаємо тільки ті їх ділянки, які вперше проходять через перший квадрант в діапазоні робочих частот  $\omega_{р0} \leq \omega \leq \omega_{р1}$  і відповідають позитивним значенням налаштувань контролера,

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
						51
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

тобто негативного зворотного зв'язку.

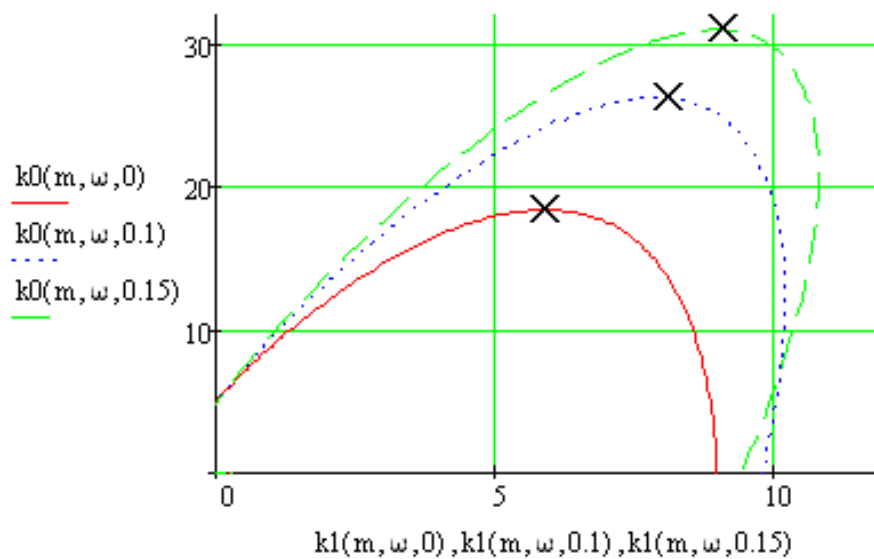


Рисунок 32 - Лінії рівного загасання в діапазоні робочих частот

Згідно з графіком LRZ (рис. 32) і за допомогою розрахунків в MathCad ми встановлюємо, що діапазон робочих частот для  $k_2 = 0$  становить  $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 5,831 \text{ Гц}$ , для  $k_2 = 0,1$  -  $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 3,555 \text{ Гц}$  і для  $k_2 = 0,15$  -  $0 \text{ Гц} \leq \omega \leq 3,106 \text{ Гц}$ .

Визначити частоту, відповідну робочій точці на частоті, що відповідає вершині LRZ  $\omega_0$ , з виразу

$$\omega_p = 1,2 \cdot \omega_0 \quad (4.14)$$

$$\omega_{p1} = 1,2 \cdot 21,03 = 25,24;$$

$$\omega_{p2} = 1,2 \cdot 16,63 = 19,96;$$

$$\omega_{p3} = 1,2 \cdot 12,23 = 14,68.$$

Використовуючи графік LRZ (рис. 31), ми визначаємо настройки регулятора ПД-регулятора, які ми вносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Налаштування ПД-регулятора

№	$k_0$	$k_1$	$k_2$
1	18,68	5,96	0
2	26,57	8,21	0,1

3	31,23	8,82	0,15
---	-------	------	------

Запишемо перехідну функцію регулятора  $W$  під (с)

$$W_{\text{ПД1}}(s) = 5,96 + \frac{18,68}{s}; \quad (4.15-a)$$

$$W_{\text{ПД2}}(s) = 8,21 + \frac{26,57}{s} + 0,1 \cdot s; \quad (4.15-б)$$

$$W_{\text{ПД3}}(s) = 8,82 + \frac{31,23}{s} + 0,15 \cdot s. \quad (4.15-с)$$

і перехідна функція відкритої системи управління з контролером  $W_p(s)$

$$W_p(s) = W_{\text{ПД}}(s) \cdot W_o(s) \quad (4.16)$$

Використовуючи вираз передавальної функції скоригованої відкритої системи (4.16), отримуємо перехідну характеристику замкнутої системи (рис. 33). Для цього використовуйте математичний пакет MathCad.

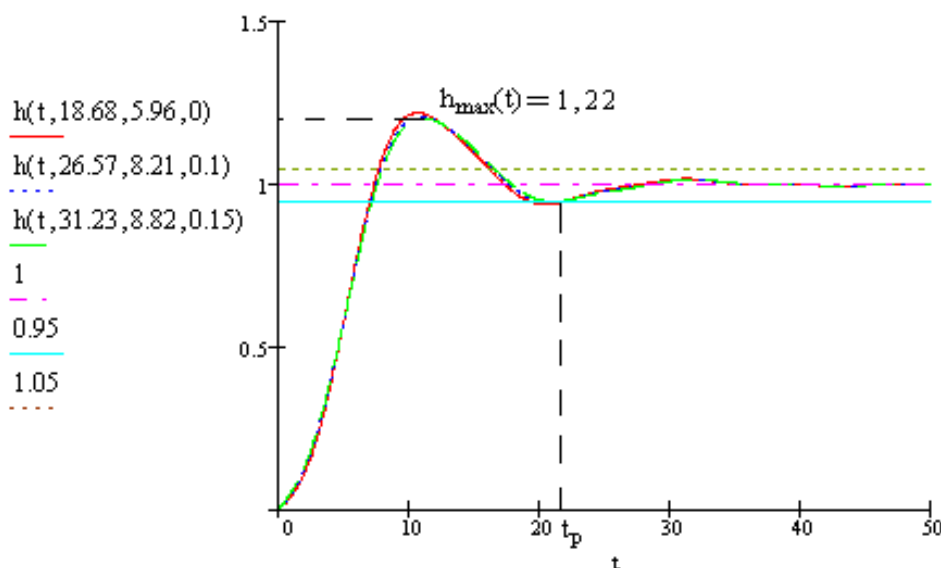


Рисунок 33 - Процес переходу в налагодженій системі

Характеристики (рис. 33) виглядають приблизно однаково, але друга крива показує кращі показники якості, тому оберіть регулятор (4.15-б).

Аналізуючи процес переходу, ми отримуємо наступні якісні показники:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 21,45 \text{ с;}$$

б) надмірне регулювання:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}(t)}{h_{уст}(t)} = \frac{1,22 - 1}{1} \cdot 100\% = 22\%$$

Отримані показники якості перехідного процесу задовольняють зазначеним показникам, що означає, що синтез виконаний успішно.

#### 4.5 Моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab (Simulink)

Схема моделювання системи управління в математичному пакеті MatLab (Simulink) представлена на рис. 34.

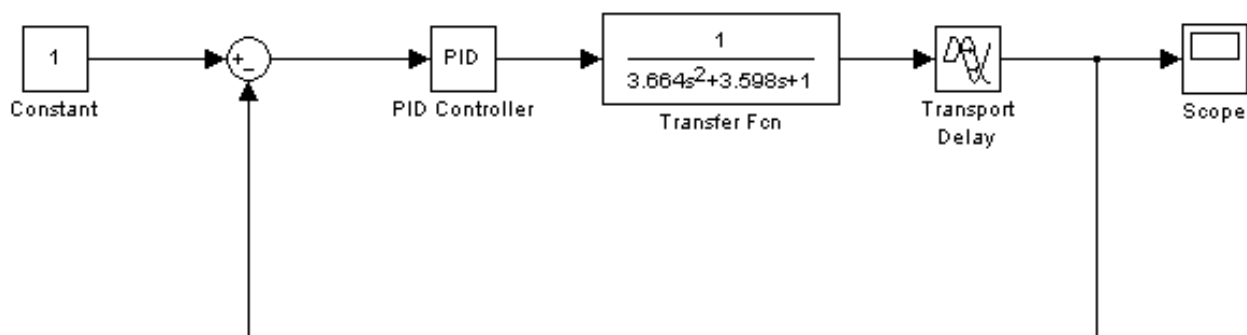


Рисунок 34- Схема моделювання системи управління

Процес переходу в цій системі має вигляд, показаний на рис. 35.

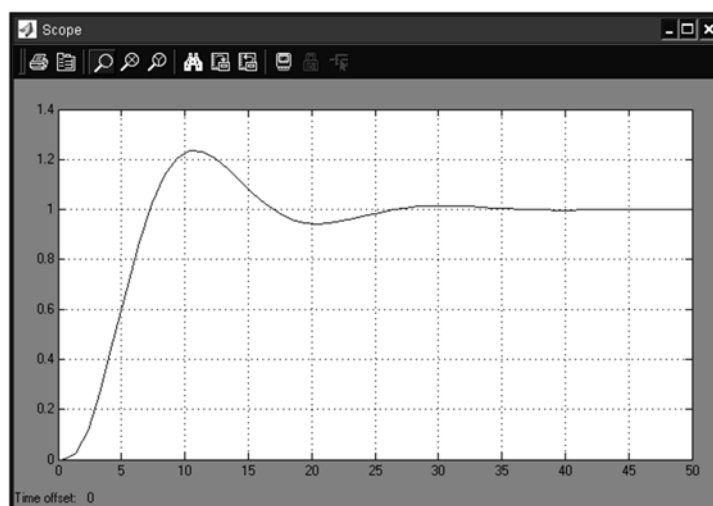


Рисунок 35 - Процес переходу в системі

Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата



Аналізуючи процес переходу, ми отримуємо наступні якісні показники:

а) час перехідного процесу:

$$t_p = 22,05 \text{ с;}$$

б) надмірне регулювання:

$$\sigma = \frac{k_{\max}(t) - k_{уст}(t)}{k_{уст}(t)} = \frac{1,23 - 1}{1} \cdot 100\% = 23\%$$

Отримані показники збігаються з показниками попереднього абзацу, тому моделювання виконується коректно.

#### 4.6 Розрахунок фільтра нижніх частот

Ми розраховуємо фільтр Баттерворта для фільтрації білого шуму. Вихідні дані для розрахунку фільтра:

- гранична частота смуги пропускання:  $f_x = 15 \text{ кГц;}$
- частота зрізу перешкод:  $f_k = 60 \text{ кГц;}$
- максимальне загасання в смузі пропускання:  $a_x = 3 \text{ дБ;}$
- мінімальне загасання в смузі перешкод:  $a_k = 58 \text{ дБ.}$

У відповідності зі значеннями  $a_x = 3 \text{ дБ}$  і  $a_k = 58 \text{ дБ}$ , а також нормувального коефіцієнтом  $\Omega = f_k / f_x = 60/15 = 4$ , щоб встановити порядок фільтра по номограмі, показаної на рис. 36. Отримуємо порядок фільтра  $n = 3$ .

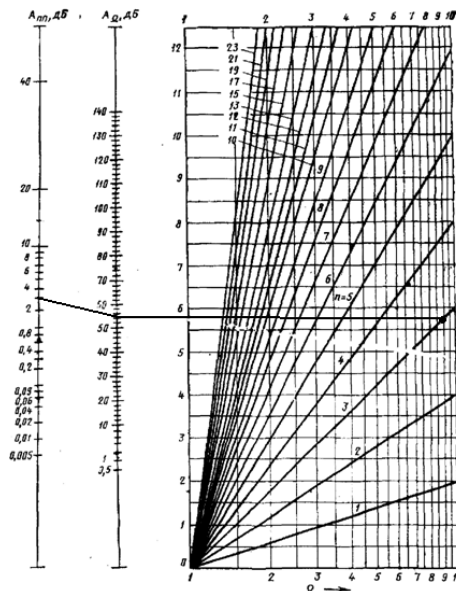


Рисунок 36 - Номограма для визначення порядку найбільш плоскою (функції Баттерворта)

Визначити основні співвідношення, що зв'язують апроксимації частотної характеристики

$$\varepsilon_p = \sqrt{10^{a_p/10} - 1} = 0,99; \quad \varepsilon_\theta = \sqrt{10^{a_\theta/10} - 1} = 79,34;$$

$$k = \frac{f_x}{f_k} = 0,25; \quad k_1 = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_\theta} = 0,012.$$

Передавальна функція ФСК Баттерворта має вигляд

$$H(s) = \frac{1}{\varepsilon_p (s + \alpha)^r \cdot \prod_{n=1}^L (s^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \sin(\theta_n) \cdot s + \alpha^2)}, \quad (4,17)$$

де порядок фільтра  $n = 2L + r$ . Оскільки  $n = 3$ , то  $L = 1$  і  $r = 1$ .

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt[3]{\varepsilon_p}} = \frac{1}{\sqrt[3]{0,99}} = 1,003$$

Розрахувати значення  $\alpha$  (4,18)

Розрахуйте значення  $\theta$ . У нашому випадку  $L = 1$ , і, отже, буде тільки одне значення  $\theta_1$

$$\theta_i = \frac{2 \cdot i - 1}{2 \cdot n} \pi = \frac{2 \cdot 1 - 1}{2 \cdot 3} \pi = \frac{\pi}{6}, \quad \sin(\theta_1) = 0,5 \quad (4,19)$$

Таким чином, передавальна функція фільтра має вигляд

$$H(s) = \frac{1}{0,99 \cdot (s + 1,003) \cdot (s^2 + 1,003s + 1,003^2)} = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1} \quad (4,20)$$

Для моделювання роботи системи ми використовуємо програму VisSim [11], де ми збираємо схему, показану на рис. 37.

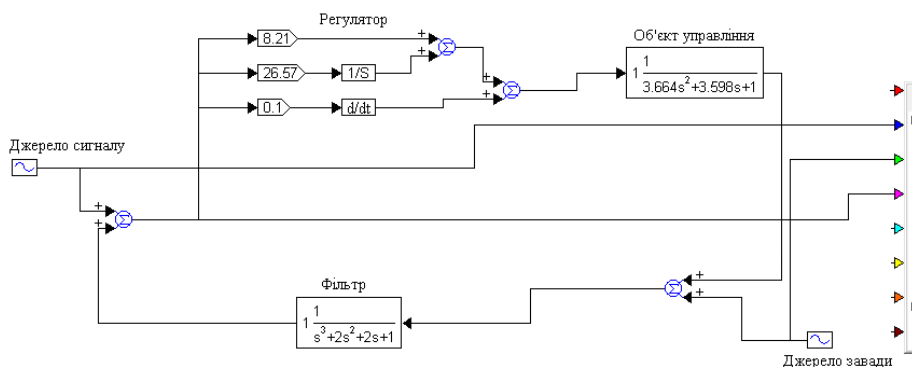


Рисунок 37 - Модель системи для дослідження фільтра

Осцилограми, отримані в результаті моделювання, представлені на рис.

38.

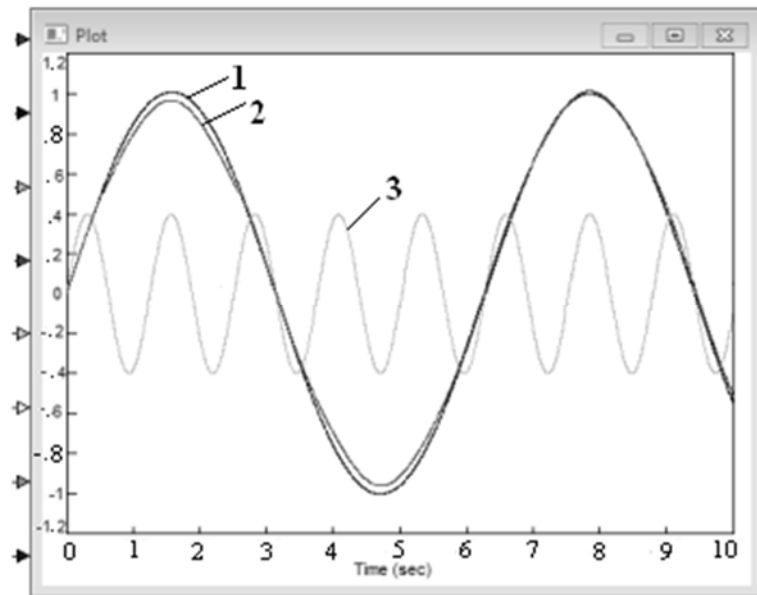


Рисунок 38 - Результати моделювання:

а) вхідний сигнал; б) вихідний сигнал; в) порушення

Згідно осцилограмме, представленої на рис. 38 видно, що фільтр повністю видаляє компонент перешкоди, але в той же час виробляє фазовий зсув.

Цей фільтр може бути реалізований з використанням схеми, показаної на рис. 40 (RC-ланцюжок).

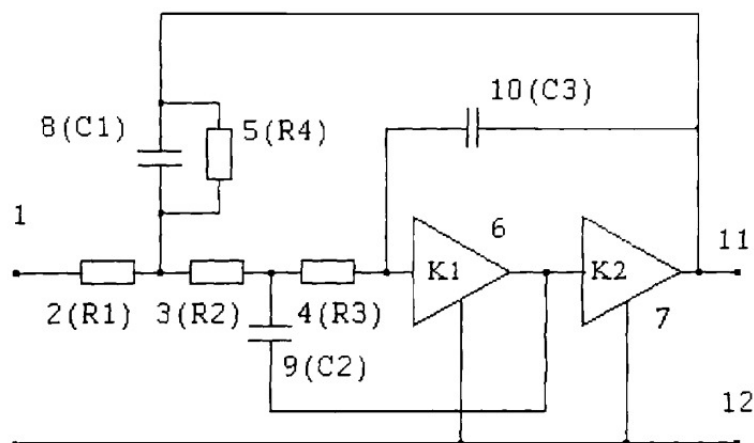


Рисунок 40 - Фільтр низьких частот Баттерворта третього порядку

Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата

СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ

лист

57

Технічним результатом є збільшення динамічного і частотного діапазонів фільтра нижніх частот (ФНЧ) за рахунок зниження чутливості передавальної функції до відхилення параметрів підсилювачів (В) [16]. Результат досягається включенням В (6) між точкою підключення третього резистора (Р) (4), RC-мостом конденсатора (К) (10) третього порядку і В (7), а також введення зворотного зв'язку: вихід Іп (6) підключений через другий К (9) до з'єднання другого (3) і третього (4) Р мостів; третій К (10) моста з'єднаний другим виводом з виходом В (7), який є виходом (11) ФНЧ; через паралельно з'єднаний четвертий Р (5) і перший К (8) моста вихід (11) ФНЧ з'єднаний із загальною точкою першого (2) і другого (3) Р моста.

Суть фільтру полягає в тому, що завдяки підсилювача (6), підключеному між точкою підключення третього резистора (4), конденсатором (10) RC-моста третього порядку і підсилювачем (7), а також В якості введення зворотного зв'язку: вихід підсилювача (6 ) з'єднаний через другий конденсатор (9) з підключенням другого (3) і третього (4) резисторів моста; третій конденсатор (10) моста через другий висновок підключений до виходу підсилювача (7), який є виходом фільтра (11); Через паралельно підключений четвертий (додатковий - 5) резистор і перший конденсатор (8) моста вихід фільтра з'єднаний із загальною точкою першого (2) і другого (3) резисторів моста, при цьому мається збільшення динамічного і частотного діапазонів фільтра.

## 5 АЛГОРИТМ РОБОТИ СИСТЕМИ

Процес регенерації і концентрування кислоти працює за наступним алгоритмом.

Перед запуском системи встановлюються необхідні параметри управління.

Потім система починає цикл контролю та порівняння параметрів процесу. Якщо який-небудь параметр не вкладається в зазначені межі, система видає відповідний керуючий ефект, поки параметр не повернеться до вказаних меж.

У разі виникнення надзвичайної ситуації система управління процесом припиняє подачу сировини і хімікатів і повністю зупиняє технологічний процес.

Загальний вигляд алгоритму, за яким працює система, представлений на малюнку 41.

Відразу після включення живлення система перевіряє працездатність всіх (без винятку) пристроїв. Потім в разі відмови хоча б одного датчика система видасть повідомлення про помилку. Надати уточнюючу інформацію про несправності. Потім він буде чекати подальших дій оператора.

Якщо перевірка запуску пройшла успішно, система ініціалізує всі пристрої і очікує команду запуску. Потім, після отримання команди запуску, запускається програма запуску системи. Ця програма необхідна, щоб уникнути нещасних випадків під час запуску.

Після того, як програма запуску повністю запустила систему, система управління переключиться на основну програму (показану на малюнку 42), яка продовжить роботу.

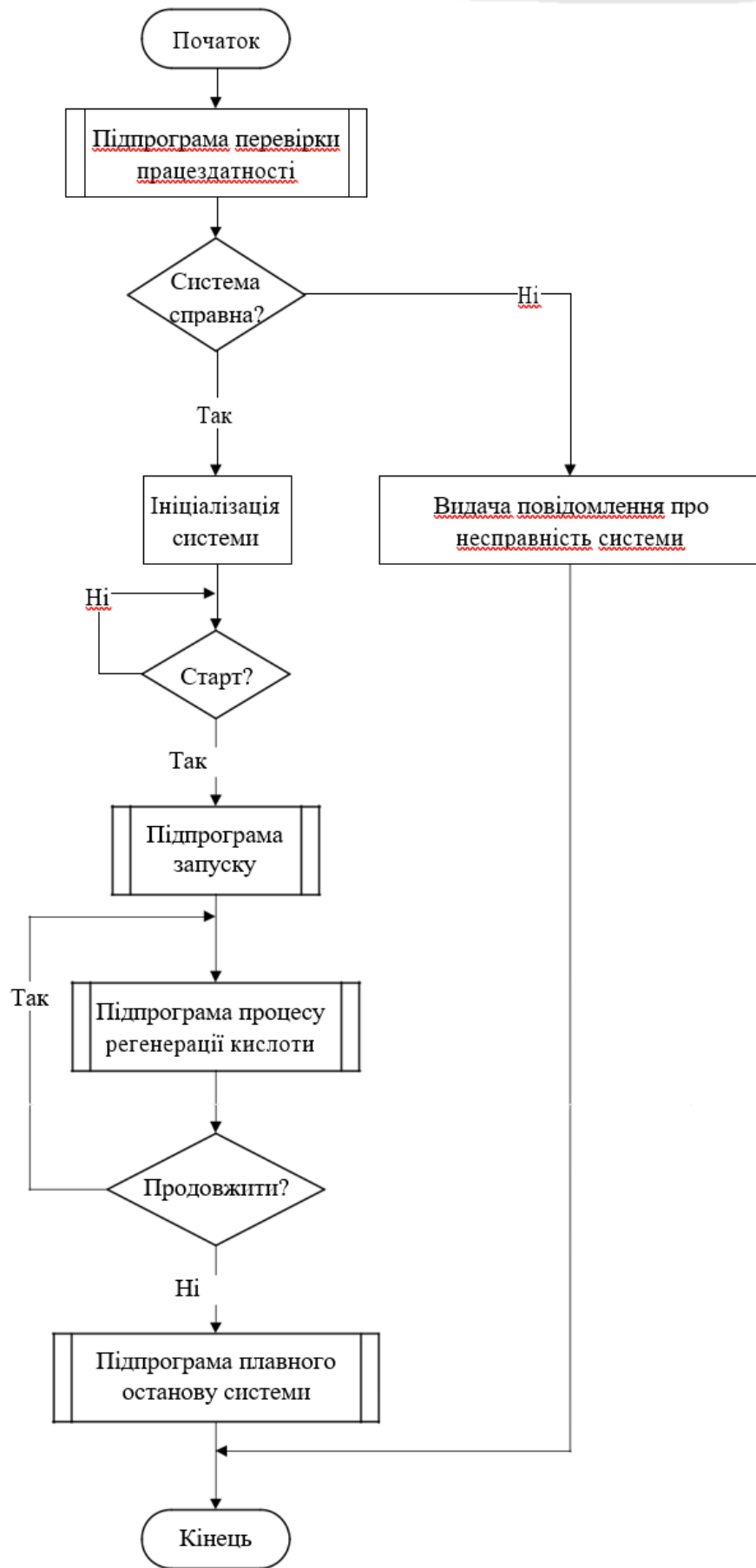
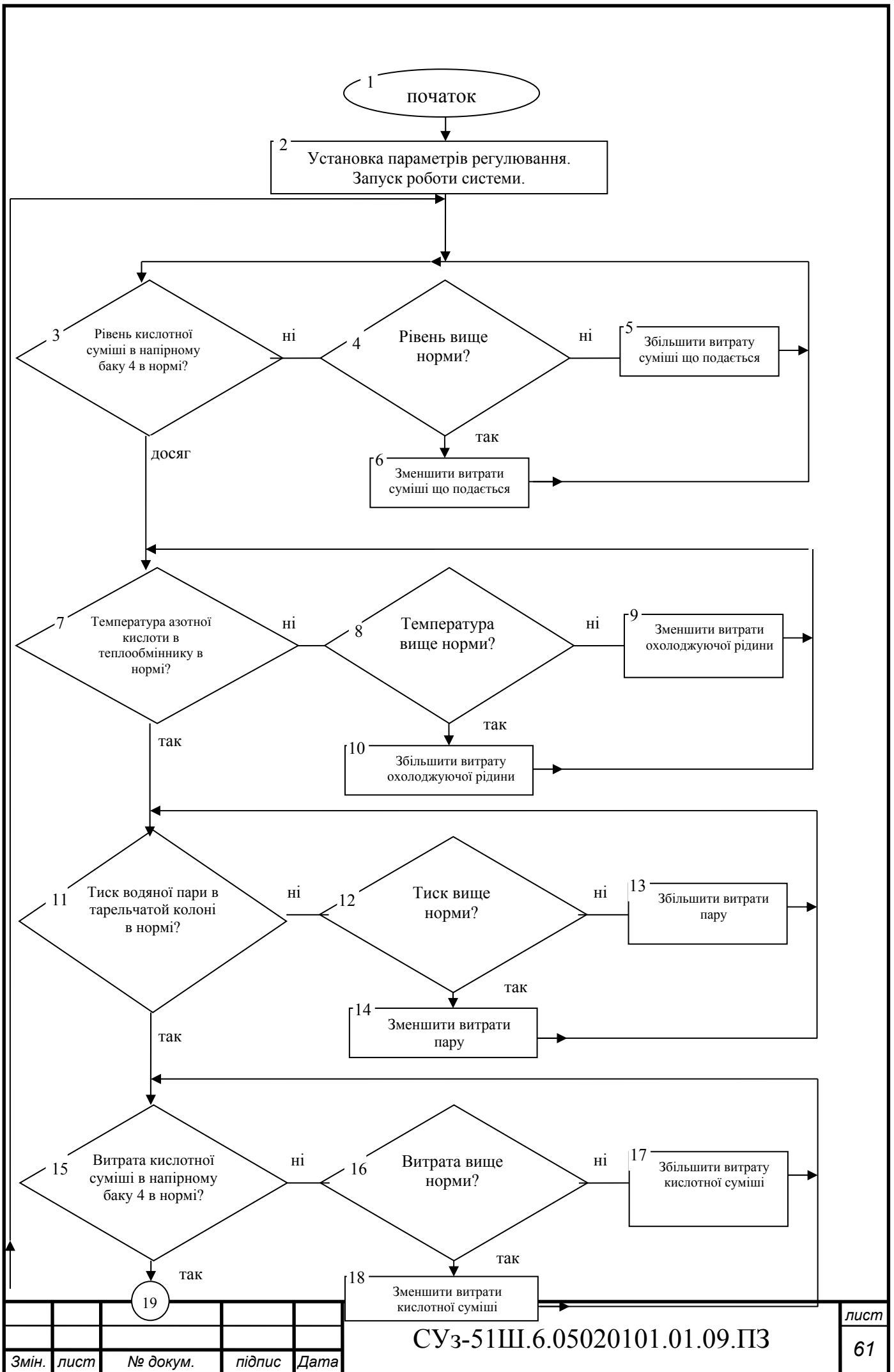


Рисунок 41 - Загальний алгоритм роботи системи

Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата



Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата

СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ

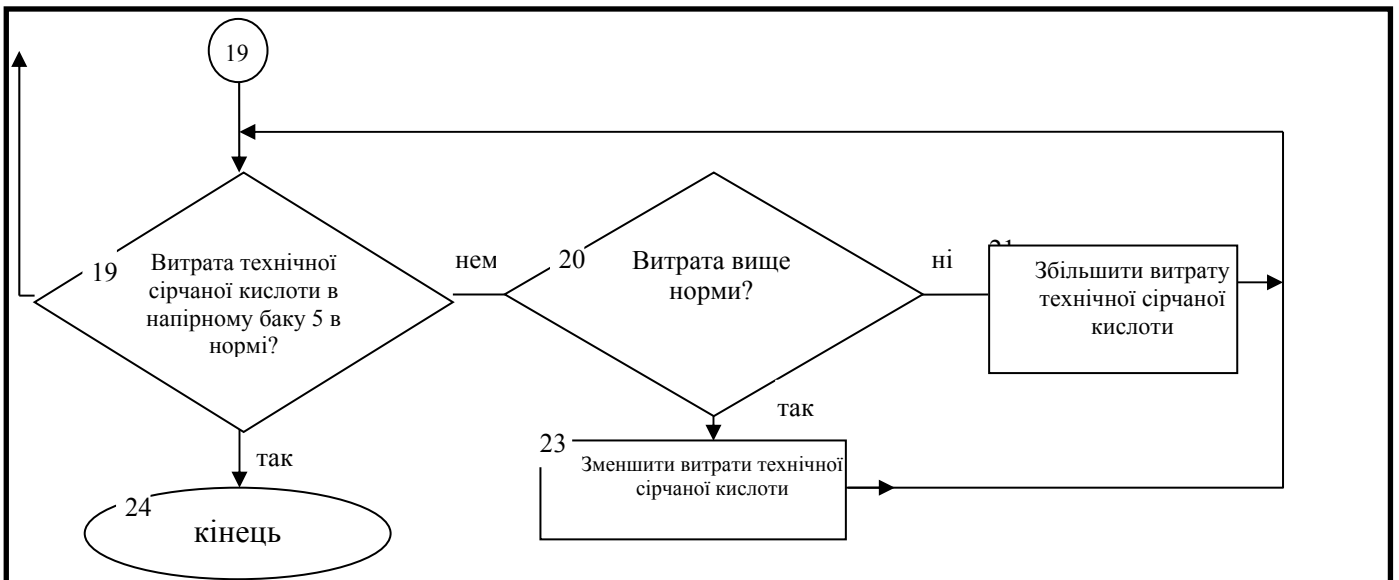


Рисунок 42 - Алгоритм роботи системи



## ВИСНОВКИ

В ході реалізації дипломного проекту був розроблений процес регенерації і концентрації кислот [17].

Апаратна частина ACS TP реалізована у вигляді системи з використанням апаратного і програмного управління.

Нижній рівень - це розподілена станція введення / виведення, яка управляє виконавчими механізмами і виконавчими механізмами агрегату (насоси, електродвигуни, клапани) на основі сигналів цифрових і аналогових датчиків, розташованих на технологічному обладнанні.

Розроблена система дозволяє в подальшому розвивати проектування верхнього рівня АСУ ТП, оскільки в проекті використовується сучасний контролер, який вже має функції зв'язку з системами SCADA.

Вплив розробленого АСУ ТП на виробничий процес:

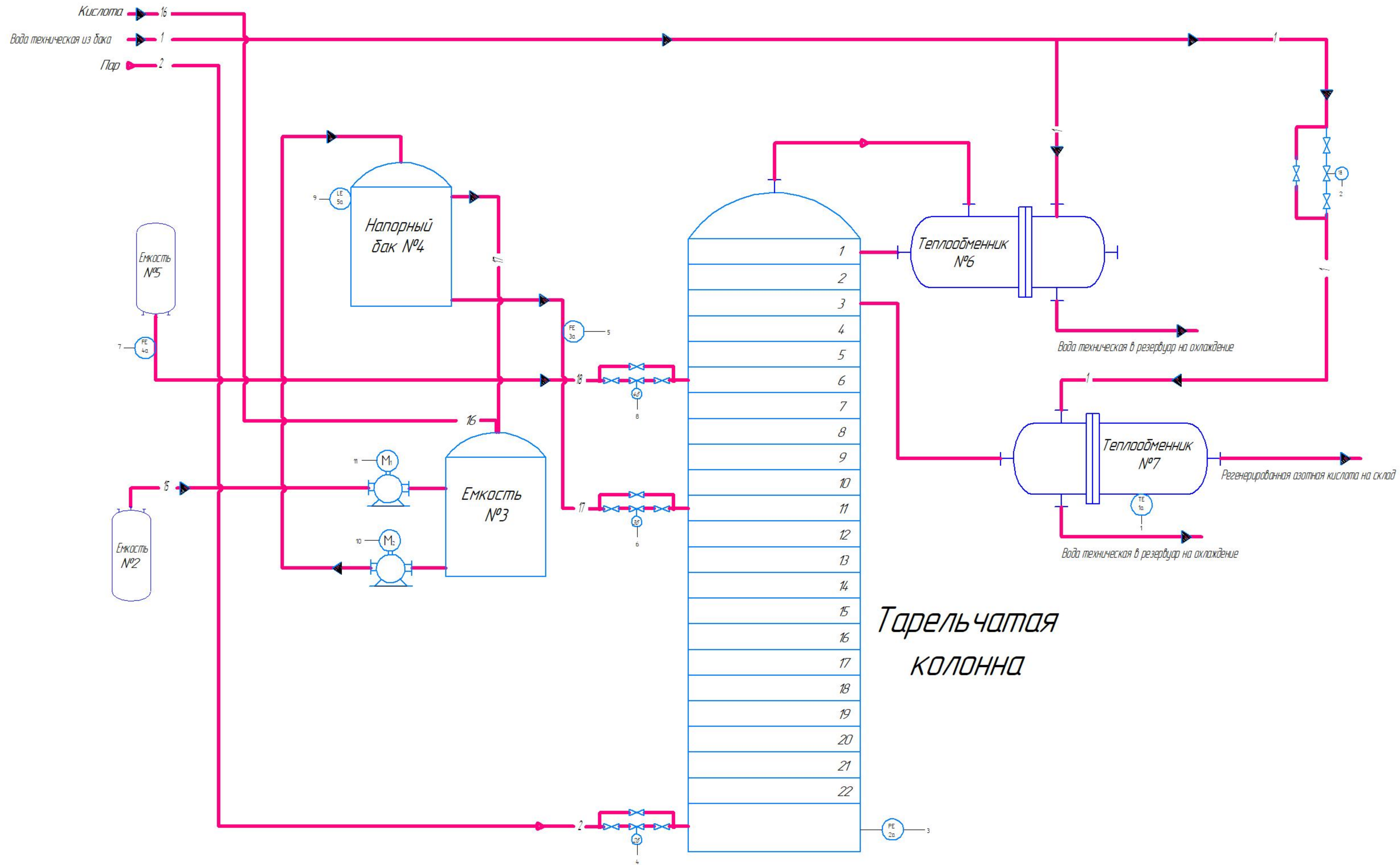
- зниження собівартості продукції;
- значне зниження витрат на оплату праці;
- Поліпшення використання основних засобів;
- скорочення втрат робочого часу;
- Збільшення терміну служби обладнання;
- зниження собівартості продукції;
- Удосконалення управління виробництвом.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		63

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справ пос. / А.С. Ключев Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; под ред. А.С. Ключева - М.: Энергоатомиздат, 1990.-464 с.
2. Каталог. Средства измерения температуры, - М.: Термоприбор, 2008. - 351 с.
3. Каталог. Расходомеры Метран, - Россия.: 2009. - 141 с.
4. Каталог. Датчики, индикаторы и исполнительные устройства, - Россия.
5. Каталог. Датчики давления Метран, - Россия.: 2010. - 182 с.
6. Каталог. Средства автоматизации ОВЕН, - Россия.: 2009. - 256 с.
7. Каталог. Регулирующая арматура компании АДЛ, - М.: 2007. - 111 с.
8. Каталог. Продукция ОВЕН, - М.: 2008. - 256 с.
9. Автоматизовані системи управління технологічного процесу в хімічних виробництвах: курс лекцій / Укладач Л.В.Борисова. – Х.: НУЦЗУ, 2015. – 98 с..
10. Регрессионный анализ Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теория автоматического регулирования. - Учебник. К.: Либідь, 1997.-544 с.
11. Методические указания по оформлению курсовых и дипломных проектов. Инструктивные материалы. Для студентов специальности 7.091401 "Компьютеризованные системы управления и автоматика" -Сумы.:СумГУ, 2007.
12. В.Маршалл. Основные опасности химических производств. М., Мир, 1989.
13. Грицевский П.М., Мамченко А.Е. Основы автоматики, импульсной и вычислительной техники, М.: радио, 1989.
14. Рабинер Л., Гоулд Р. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978.
15. Опенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М.: Связь, 1979.
16. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC под ред. У.Томпкинса и Дж. Уэбстера, Москва, Мир, 1992.
17. Роботко, І.О. Система управління технологічним процесом регенерації та концентрації кислоти [Текст]: дипломний проект на здобуття кваліфікаційного рівня бакалавра; спец.: 050201 - системна інженерія / І.О. Роботко; кер. Г.М. Худолей - Суми: СумДУ, 2019. - 67 с.

					СУЗ-51Ш.6.05020101.01.09.ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		64



Приборы по месту	УСО	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		32.0 t	0.5 m	6 kcal/cm <sup>2</sup>	0.5 m	11 m <sup>3</sup> /h	0.5 m	2 m <sup>3</sup> /h	0.5 m	3 m	Управление	Управление
Приборы на штепсель	AI											
	DI											
	AO											
Сигнализация	101											
	102											
Управляемый контур	I											
	R											

ПТС-64 В схему сигнализации

Обозначение	Наименование
-1-	Вода
-2-	Пар
-15-	Отработанная кислотная смесь
-16-	Слабая азотная кислота
-17-	Смесь кислот
-18-	Серная кислота

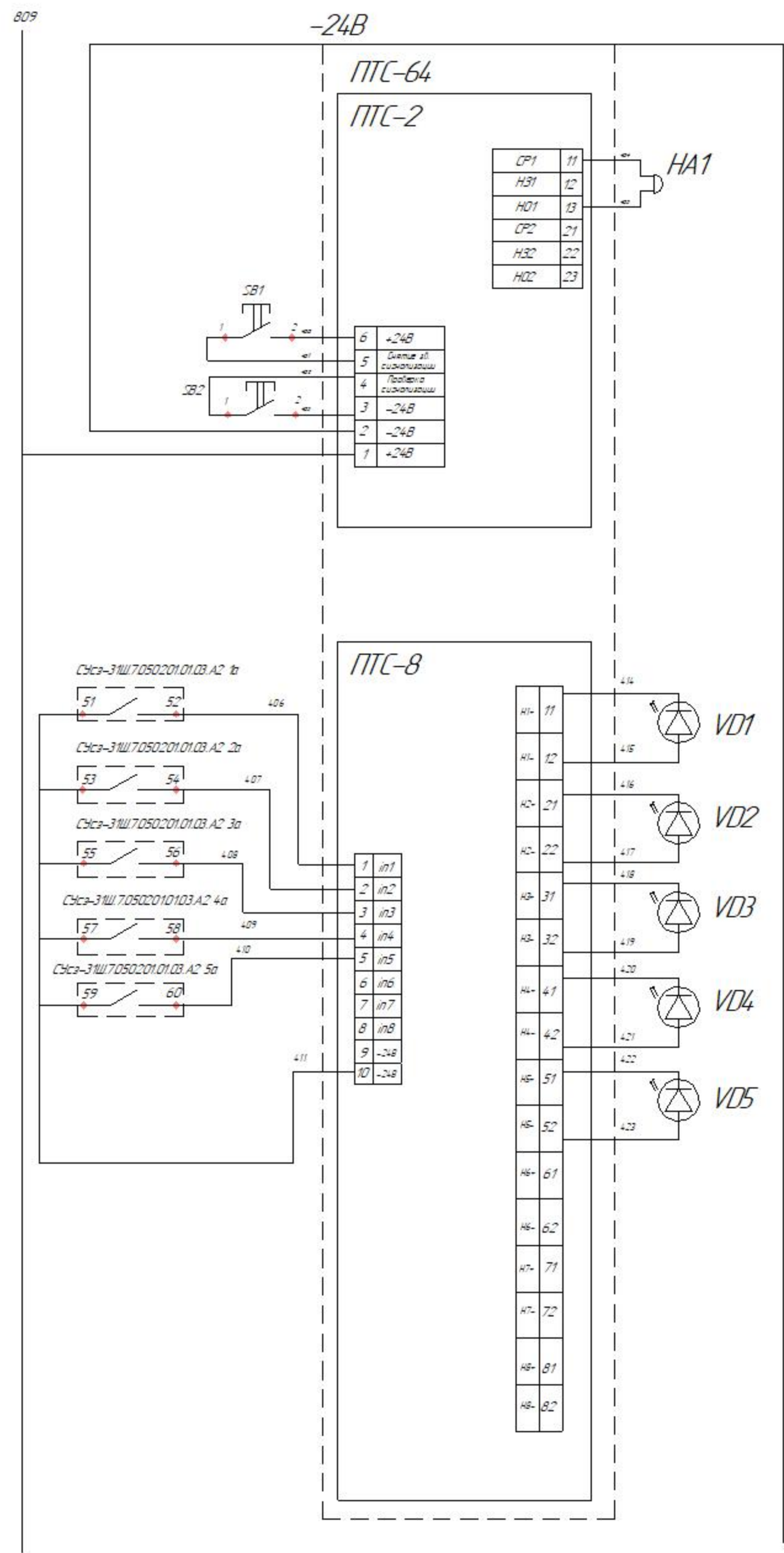
СЧЗ-51Ш6.05020101.09.A2			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Канар М.П.		
Проб.	Саржаев А.Г.		
Т.контр.			
И.контр.			
Утв.	Худяков Г.М.		

Система управления технологическим процессом разчищения та регенерации кислоты		
Схема функциональная		
Лист	Листов	1

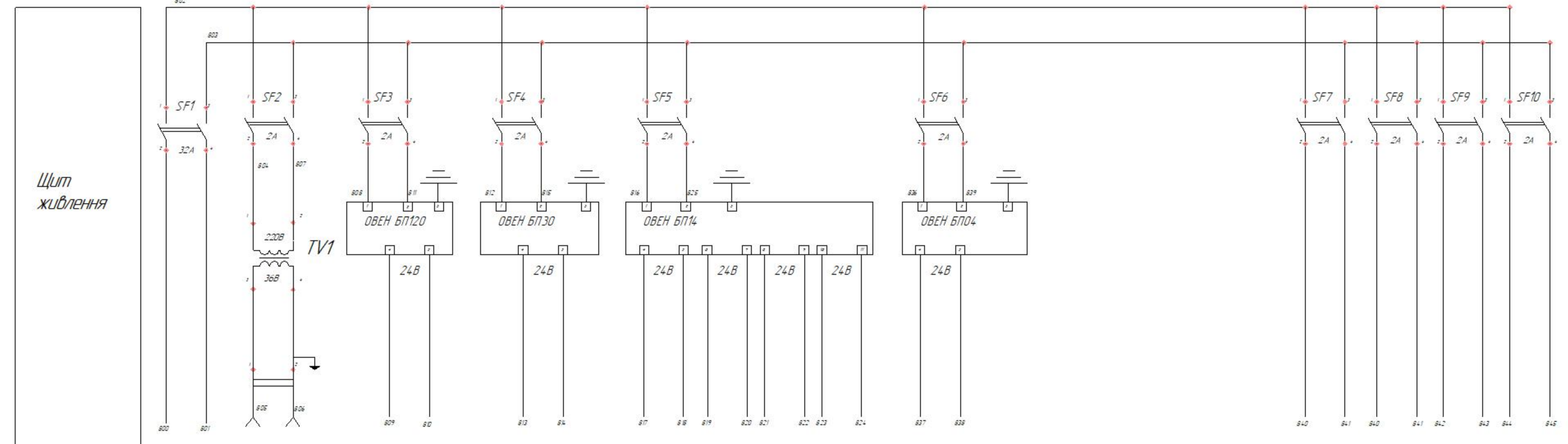
ШИСумГУ  
Формат А1





**СХЕМА СИГНАЛИЗАЦИИ**

Звуковая сигнализация
Кнопка снятия обобщенной сигнализации
Опробование звуковой и световой сигнализации
Превышение температуры азотной кислоты
Превышение давления водяного пара
Превышение расхода серной кислоты
Превышение расхода кислотной смеси
Превышение уровня кислотной смеси



Позиция	XS1	Схема сигнализации	1а	2а	3а	4а	5а	1б	2б	3б	4б	
Тип	Ввод рабочий	Разетка штепсельная	ОВЕН ПЛК160	Метран 274	ПД100	Метран 305ТР	Метран 305ТР	Hydracraft K	AGM	AGM	AGM	AGM
Напряжение, В	220	36	24	24	24	24	24	24	220	220	220	220
Мощность, Вт, МА	1500	100	80	10	0,8	0,8	0,8	0,8	10	10	10	10
Место установки	щит №1	щит №1	щит №1	щит №1	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту	по месту

Диаграмма №1  
Занятия контактов переключателя SA1

Тип ВМСТ 2100			
Число	2	3	4
состояние	л	л	л
I	л	л	л
II	л	л	л
Положение рукоятки	М	Д	

Позиция	Обозначение	Кол-во	Примечание
SF1	Автоматический выключатель ВА-2001 кол-во полюсов 2 Iном=32А, Uном=220/380В	1	
SF2-SF10	Автоматический выключатель ВА-2001(Iном=2А, Uном=220В)	9	
VD1-VD5	Лампа сигнальная светодиодная, цвет красный Pном=2,6Вт, Uном=24В, степень защиты IP67, 8LM2TIL224	5	
TV1	Трансформатора понижающий ОСМТ-0,1 U1=220В, U2=36В P=320Вт	1	
SB1-SB2	Кнопка с подсветкой красная 100тА, Uном=24В 8LM2T Q1104	2	
XS1	Штепсельная розетка РШ-К-2-СО-2-6/10/220 U=36В	1	
авен вт2а	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 120Вт	1	
авен вт2б	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 30Вт одноканальный	1	
авен вт4	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 14Вт многоканальный	2	
авен вт2в	Блок питания стабилизированным напряжением постоянного тока 24В, 4Вт одноканальный	1	
PTC64	Прибор технической сигнализации. Дискретных входов 8 Uном=24В	1	

СЧЗ-51Ш.6.0502010109.Е3

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Система управления пневматическим процессом различения по регенерации кислоты Схема электрическая принципиальная	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Кочар М.П.						
Проб.		Свержков А.Г.						
Т.контр.								
Н.контр.								
Утв.								

**ШИСУМГУ**  
Копирабол      Формат А1

Пред. примен.      Справ. №      Платн. и дата      Взам. инв. №      Инв. № вкл.      Платн. и дата      Инв. № подл.